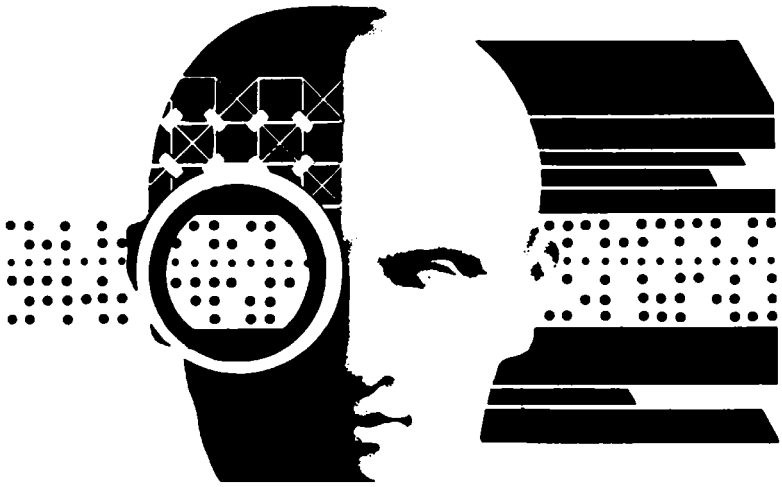
Adrian Restian

HOMO ciberneticus



Editura
științifică și enciclopedică

Home ciberneticus

După ce în cartea sa de patologie informaţionali, pentru care i s-a acordat premiul „Gh. Marinescu” al Academiei R.S.R., autorul a abordat aspectele fbernetice ale patologiei, în această carte el abordează aspectele cibernetice ale existenţei, ale dezvoltării şi ale perfecţionării fiinţei umane.

Dacă *kybernetiky* înseamnă a dirija, a conduce sau a guverna* atunci *homo cibemeticus* înseamnă omul conducător, înseamnă fiinţa capabilă de a conduce desfăşurarea fenomenelor şi chiar propriile sale destine. Desigur că pentru a putea ajunge la aceste performanţe, omul a avut nevoie de anumite mecanisme de reglare cu care să se poată opune tendinţei de creştere a entropiei. Unele dintre ele, aşa cum este cazul mecanismelor de *feed-back*, reuşesc să se opună creşterii entropiei prin corectarea erorilor. Dar omul nu a putut deveni în stare, de performanţe deosebit decât în momentul în clare, p lângă mecanismele de corectare jr crombi; a dobândit şi un mecanism deprevenire a erorilor, aţa xum Jte

mecanisfmâr *ăe-fe elhbefore*. Cu ajutorul unor mecanisme cibernetice extrem de perfecţionate, omul reuşeşte să realizeze o prelucrare superioară a informaţiilor. Şi tocmat prin prelucrarea superioară a Informaţiilor a reuşit omul să depăşească frontiera biologiei animale şi va reuşi mereu să depăşească propriile sale limite. Cartea descrie modul în care funcţionează mecanismele cibernetice care îi oferă omului posibilitatea de a se conduce pe sine, precum şi lumea în care trăieşte.

CUPRINS

Dincolo de aparenţe

Omniprezenţa sistemelor

Sistemele cibernetice

Reglarea ca mijloc antientropic

Necesitatea informaţiei pentru desfăşurarea proceselor de reglare…

Universalitatea informaţiei
Câmpul informaţional
Informaţia genetică
Reglarea intracelulară
Reglarea intercelulară
Reglarea endocrină
Reglarea neuropsihică
Reglarea imunitară
Cultura ca al doilea canal de transmitere a informaţiilor
Explozia informaţională
Redundanţa necesară
Activitatea umană ca o succesiune de procese informaţional-decizionale
Inteligenţa artificială
Imperfecţiunile cibernetice ale organismului uman
Igiena informaţională
Mecanismele cibernetice de perfecţionare a fiinţei umane
Bibliografie
Summary

DINCOLO DE APARENŢE

Lumea aceasta minunată, relieful, plantele şi animalele, este de o diversitate şi de o frumuseţe de-a dreptul impresionante. O imensitate de forme se împleteşte cu o imensitate de culori dând naştere la o mulţime de frumuseţi: munţii înalţi care străjuiesc câmpiile roditoare, oceanele nemărginite care, parcă pentru a-şi ascunde fantastica lor populaţie, înghit cu o sete nepotolită apete dulci ale râurilor, dar rr. Ai ales” o mulţime de specii se plante şi de animale, care de care mai diferite, mai frumoase şi mai interesante. Fiecare munte, fiecare câmpie. Fiecare plantă, fiecare animal şi Fiecare t>în ăe-deosebesc de toate celelalte, având caracteristicile lor particulars; uai deşi st; dfeOSeTJesc în ţie ele avâiul fiecare o formă, o-cutoare şi o irumuseţe proprie, îrepetabilă şi inimitabilă, între Uhâi munţi, irâfre unele câmpii, între unele plante, între unele animale şi între toţi oamenii există – jje. Lâpgă numeroasele deosebiri – şi foarte multe caractere comune. Aşa spre exemplu, diferiţi munţi pot fi

formăţ. I-TIin aceeaşi rocă, diferite câmpii pot avea acelaşi sol, diferite plante pot avea fructe asemănătoare, iar diferite animale pot naşte pui vii pe care să-i hrănească cu lapte. Adică pe lâpgă numeroasele deosebiri care fac lumea această aut de derutantă., exista totuşi anumite caractere comune care, odată sesizate, îl apropie pe om de esenţa lenomenelor, facilitând adaptarea lui la mediu şi chiar modificarea mediului în care trăieşte. Căci spre deosebire de toate celelalte animale care se adaptează autopla tir, arliră trhimbându-şi propria lor structură la condiţiile de mediu, omul se adaptează mai ales aloplastic, adică schimbând mediul la necesităţile sale. Desigur că pentru a putea realiza adaptarea aloplastică, omul trebuie să cunoască mai întâi mediul pe care vrea să şi-l adapteze. De aceea el caută să descopere esenţa, regulile, legile şi principiile care guvernează interdependenţa, de multe ori ascunsă, dintre fenomene.

Prin sesizarea caracterelor comune, lumea încetează de a mai fi chiar atât de derutantă,

deoarece omul o ordonează şi încadrează diversitatea ei între anumite limite, care prin definiţie nu pot fi încălcatei Aşa spre exempJu, orice animal cale naşte pui vii şi îi hrăneşte cu lapte este un mamifer, indiferent de forma şi de mărimea lui, de la şoarece şi până la balenă. Fără o astfel de ordonare a fenomenelor şi a obiectelor, după nişte criterii comune, nu ar fi posibilă nici comunicarea dintre oameni, căci comunicarea apelează, de cele mâi multe ori, la caracterele comune ale diferitelor fenomene. Aşa spre exemplu, deşi între diferitele flori există foarte milita tipare elineşte acele caractere cOmune ale” tuturor florilor care servesc Ja reproducere şi care sunt, de cele mai multe ori, frumos colorate.

Observând că unele organisme, deşi foarte diferite ca aspect. Îţi energia necesară direct din razele solare, fiind astfel autotrofe, iar alte organisme, „Hitente şi ele ca înfăţişare, îşi obţin energia necesară de la cele dintâi, fiind astfel heterotrofe, omul a deosebit, a definit şi a reunit vieţuitoarele care urmau să facă obiectul de studiu

al botanicii de cele care urmau să facă obiectul de studiu al zoologiei. Deşi trebuie să remarcăm că unele vieţuitoare, cum ar fi bacteriile, nu au putut fi grupate în niciunul dintre cele două regnuri (66).

Tot aşa au fost clasificate obiectele de studiu ale tuturor celorlalte ştiinţe. Ele au clasificat obiectele lor de studiu grupându-le în funcţie de proprietăţile lor comune. Astfel, chimia a clasificat şi ea diferitele substanţe în funcţie de proprietăţile lor comune. Aşa spre exemplu, substanţe foarte entente care au însă proprietatea de a se dizolva în benzen au fost clasificate în grupa grăsimilor, iar substanţe, de asemenea foarte diferite, care au însă comună legătură peptidică au fost clasificate în grupa proteinelor.

După-b lungă perioadă descriptivă, în care ştiinţele au descris în amănunţime obiectele lor de studiu, definindu-le şi clasificându-le după proprietăţile lor comune, atunci când s-a trecut la cercetarea cauzalităţii, a interdependenţelor dintre ele, adică a esenţei fenomenelor, lucrurile

s-au complicat foarte mult. Ceea ce” părea. A fi obiectfii de-studiu ai unei ştiinţe” a devenit, datorită legăturilor dintre diferitele obiecte, şi obiectul de studiu al altor ştiinţe. Aşa spre exemplu, substanţele care au comună proprietatea de a putea fi folosite în tratamentul unor boli nu mai constituie njimai obiectul de studiu al chimiei, ci şi obiectul de studiu al farmacologiei.

Aceleaşi dificultăţi au fost întâmpinate şi în ceea ce priveşte metodele de studiu, care păreau la un moment dat suficiente, dar odată cu diversificarea şi evoluţia ştiinţelor, cu abordarea domeniilor de graniţă, au devenit nesatisfăcătoare. Astfel, metodele de stuHin ale rhimiei nu au mai fost suficiente pentru studiul farmacologiei. De aceea metodele de studiu ale Chimiei au treBtiit dorripletate cu metodele de studiu ale farmacologiei, cum ar fi experimentarea pe animal. Chimia a clasificat substanţele după unele calităţi, cum ar fi punctul de topire sau solubilitatea lor. Jbarmacologia le ciasiiicli după alte proprietăţi, cum ar fi proprietatea de a

distruge microbi sau de a dilata vasele de sânge. De aceea substanţe foarte diferite din punct de vedere chimic care au însă comună proprietatea de a distruge microbii au fost reunite în grupa antibioticelor. Dar nu numai în cazul antibioticelor, ci şi al antihipertensivelor, al tonicardiacelor, al vasodilatatoarelor, sau al antispasticelor, putem constata că substanţe foarte diferite din punct de vedere chimic au proprietăţi farmacologice comune.

Azi oamenii ştiu că de multe ori aparenţele înşală, că, de exemplu, Soarele nu se învârteşte în jurul. Pământului, aşa/ cum ni se pare în fiecare zi. De aceea pentru a cunoaşte! adevărul nu este suficient să constatăm aparenţa tenomenelor, ci trebuie să efectuăm numeroase observaţii şi experienţe, cu ajutorul cărora să putem da la o parte vălul care... Îl ascunde. \Pentru a ajunge la adevăr trebuie să prelucrăm] o mare cantitate de date disparate, de multe ori neconcludente prin ele însele, tot aşa cum pentru a ajunge la aur trebuie să prelucrăm, de cele mai multe ori, o

mare cantitate de minereu.

Dând însă la o parte cortina de diversitate, putem constata că obiecte sau fenomene studiate după aparenţa lor de diferite ştiinţe trebuie, de fapt, să reprezinte obiectul de studiu al altor ştiinţe interdisciplinare. Aşa spre exemplu, reglarea, care este studiată atât de ştiinţele tehnice cât şi de cele biologice, poate fi studiată mult mai bine de către cibernetică. Reuşind să depăşească aspectele particulare, cibernetica reuşeşte să intre mai bine în esenţa ascunsă a fenomenelor, descoperind legile şi principiile care guvernează. Comanda şi controlul" atât insistemele tehnice, cât şi în sistemele vii. Mergând însă pe firul foarte întortocheat al fenomenelor au început să apară o serie întreagă de ştiinţe interdisciplinare, cum ar fi biofizica, biochimia, psihofiziologia, astrofizica şi multe altele. Completând metodele de studiu ale ştiinţelor clasice cu metode noi, ştiinţele interdisciplinare reuşesc să se descurce mai bine în complexitatea lumii înconjurătoare şi sâji

descopere mai bine existenţa unor legături şi chiar a unor similitudini mip unde ştiinţele ciastce nu au fost în starp la sesizeze.

* înarmat cu metode de cercetare din ce în ce mai eficace, omul de ştiinţă contemporan reuşeşte să străbată dincolo de aparenţa obiectelor şi ienomtmelui sesizând proprietăţi şi conexiuni de multe ori inaparente. Aşa spre exemplu, M. Gell-Mann şi G. Zweig, studiind particulele atomice, au reuşit să descopere. În 1964, cu ajutorul unui aparat matematic adecvat, că toate particulele elementare sunt de fapt compuse din nişte particule şi mai elementare denumite tjuarkuri. Lot aşa Octav Unicescu (102) căutând să descopere ceea Ce" esre invariabil în mişcare a descris o mecanică invariantivă, de o mare profunzime şi de o mare generalitate, tocmai pentru că nu variază în funcţie de ipostazele, mereu particulare, sub care se poate găsi şi se găseşte, de fapt, natura. Iar L. Bertalanffy (18) a descris teoria generală a sistemelor, după care obiecte sau fenomene foarte diferite, cum ar fi o

maşină, un brad sau un om, ca şi orice alt ansamblu de elemente aflate într-o interacţiune neîntâmplătoare reprezintă, de fapt, nişte sisteme.

OMNIPREZENŢA SISTEMELOR

Despre soare şi plante s-a spus mai de mult că formează un sistem. Tot aşa şi creierul împreună cu nervii care merg şi care pleacă de-la. El a fOiJl denumit sistem nervos. După *Lr* Dei Uldiiff y însă, nu numai sistemul solar sau „’sistemul nervos, ci tot ce ne înconjură, toată această diversitate minunată, reprezintă, de fapt, o mulţime de sisteme, pentru că orice ansamblu de elemente aflate într-o interacţiune iieântâmplătoare reprezintă Un sistem (i»). Şi este evidenF că Atifpiesele un> irpyni rit qi nrpranpif» unui om se află într-o interacţiune neîntâmplătoare şi de aceea atât omulcât şi maşina reprezintă, de fapt, nişte sisteme. Sistemele sunt deci foarte răspândite. Tot ce ne înconjură reprezintă nişte sisteme. Ele sunt, după cum remarcă J. W. Forrester, omniprezente (36).

Reprezentând un ansamblu de elemente

aflate în interacţiune, sistemul scoate în evidenţă importanţa legăturilor, de multe-ori ascunse, dintre obiectele şi fenomenele care l-gpiezinlă element sale Prin intermediul arpstnr leaturi, sistemul se delimitează de mediul înconjurător, sau mai bine zis de celelalte sisteme. Dar datorită interacţiunii universale, care face ca universul să fie un mare sistem, pentru a menţine şi a delimita un sistem va trebui ca legăturile sale interne să fie mai puternice decât legăturile pe care le stabileşte cu celelalte sisteme (fig. 1). Interacţiunea universală îngreuiază delimitarea sistemelor şi face ca fiecare sistem să fie, de fapt, un subsistem mai mare. Sistemul solar este subsistemul unei galaxii. Iar fiecare element al sistemului. Adică fiecare planetă, este şi ea la rândul ei un sistem. Oi gaiil & mul uman, Care este un sistem format dintr-o mulţime de subsisteme, este şi el, la rândul său, un subsistem al unei colectivităţi şi al unui sistem social.

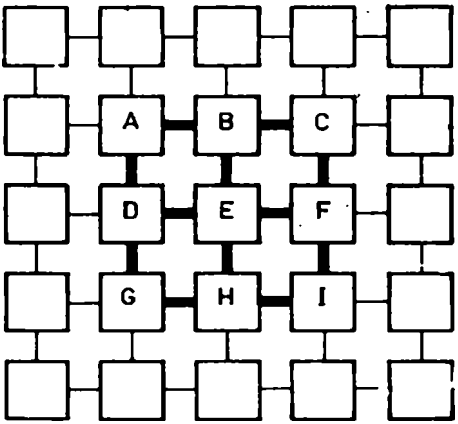


Fig. 1. Un sistem este format dintr-o mulţime de elemente *A BED* între care există legături mai puternice decât cele care există între aceste elemente şi elementele altor sisteme.

Subsistemele din care este format organismul uman sunt şi ele, la rândul lor, formate dintr-o mulţime de subsisteme. Organele sunt formate dintr-o mulţime de ţesuturi. Ţesuturile sunt formate dintr-o mulţime de celule. Celulele sunt formate dintr-o mulţime de orgaillte. Orgamtele celulare sunt lormate dintr-o mulţime de macromolecule. Macromoleculele sunt formate dintr-o mulţime de molecule. Moleculele sunt formate dintr-o mulţime de atomi. Atomii sunt

formaţi dintr-o mulţime de particule elementare şi aşa mai departe (23).

Legăturile care se stabilesc între elementele, sau mai bine zis subsistemele, sistemului îi conferă acestuia calităţi noi pe care nu le găsim la niciunul dintre subsistemele sale. Aşa spre exemplu, niciuna dintre piesele unei maşini nu are capacitatea de a se deplasa singura, aşa cum face maşină. De aceea sistemul nu este niciodată numai o sumă, sau o colecţie de obiecte, ci este întotdeauna mai mult decât suma elementelor sale. Calităţile noi pe care le dobândeşte sistemul sunt rezultatul legăturilor sale interne. Cu ajutorul lor se face saltul calitativ de la un nivel interior la un nivel superior de organizare. Şi calităţile sistemelor biologice rezultă tot din legăturile interne care se stabilesc între elementele din care sfat constituite, adică din modul lor de organizare. Căci dacă folosind aceleaşi cărămizi, adică aceleaşi elemente primare, se pot construi case foarte diferite, tot aşa folosind aceleaşi elemente primare, cum ar fi carbonul, hidrogenul, oxigenul,

azotul, fosforul, calciul, sulful, se pot construi organisme foarte diferite. Diferenţa dintre ele rezidă mai ales în modul în care sunt organizate aceste* clemente. Prin organizarea în querite feluri a elementelor primare lumea se diversifică, devine mai frumoasă şi mai variată.

Deoarece calităţile sistemului rezultă tocmai din modul în care sunt organizate elementele sale, din legăturile care se stabilesc Intre ele, studiul sistemelor nu se poate face în mod adecvat cu ajutorul metodelor tradiţionale de descompunere şi de recombinare a elementelor. De aceea studiul sistemelor şi mai ales al sistemelor complexe, „aşa cum sunt sistemele vii, sau psihicul uman, se face cu ajutorul analizei sistemice (23,43,36,99,108). Analiza sistemică abordează sistemul în totalitatea lui, studiind atât legăturile sale interne, cât şi legăturile sale externe.

„Un sistem poate fi definit de mulţimea *xgX* a intrărilor, de mulţimea *yeY* a ieşirilor şi de mulţimea *seS a*. Stărilor între care se stabileşte relaţia:

Y = f (s, x).

Aceasta înseamnă că ieşirile sistemului sunt în funcţie de intrările şi de stările sale (108). De funcţia care se stabileşte între aceste mulţimi depinde comportamentul sistemului. Comportamentul său urmăreşte să asigure însă identitatea sistemului în pofida numeroaselor întluenţe perturbatoare pe care mediul le exercită în permanentă asupra sa. Sistemul se opune, astfel, cu ajutorul legăturilor sale interne, care devin de fapt nişte legături de solidaritate, acţiunii celui de-al doilea principiu al termodinamicii, care tinde să crească entropia, adică dezordinea, Această opoziţie nu reprezintă o negare a celui de-al doilea principiu, ci utilizarea unor posibilităţi pe care acesta nu le exclude cu desăvârşire. Aşa spre exemplu, el nu exclude cu desăvârşire scăderea entropiei într-un anumit punct, dacă aceasta va duce la creşterea entropiei într-un punct învecinat cu care primul formează, de fapt, un sistem (116)!

Termodinamica, care se ocupă cu studiul conservării şi transformării energiei, postulează,

în cadrul primului principiu, că energia nu poate fi creată şi nu poate fi distrusă, ci doar-transformată dintr-o tormă în alta. Lărîn cadrul celui de-al doilea principiu, ea postulează că în timp ce energia electrică, chimică sau mecanică pot fi transformate integral în energie calorică, aceasta din urmă nu mai poate fi retransformată integral, la rândul ei, în energia din care a provenit (38,109,192). Ea ar fi deci un fel de energie inferioară care nu mai poate fi retransformată integral în formele de energie superioară din care a provenit. De aceea ordinea nu poate decât să scadă şi să se piardă, în timp ce dezordinea, adică entropia, nu poate decât să crească. Conform acestui principiu, căldura trece de la corpul mai cald la corpul mai rece până înd temperaturile lor se uniformizează. Iar vântul. Apele şi alţi factori erodează" munţii pentru a-i aduce la nivelul podişului şi al câmpiei, toate sistemele reducându-şi cu timpul, datorită influenţelor externe şi uneori chiar a celor care se manifestă între anumite elemente, gradul lor de ordine şi de organizare.

Gradul de ordine şi de organizare, adică entropia sistemului. Depinde de probabilitatea ca elementele sale să se Afle în anumite” stâri posibile. JEntropia 5 depinde, după cum a arătat L. Boltzmann, de probabilitatea ca elementele sale să se afle în anumite stări posibile, conform formulei:

S = k log PE, unde *k* este o constantă, iar *PE* reprezintă probabilităţile diferitelor elemente. Cu cât proba hilitatea elementelor de a e afla în mai multe stări posibile este mai mare, cu aut entropia, adică dezordinea sistemului, va n mai mare. Iar cu cât probabilitaLcă-eleiiit! iilelui sale de a se afla îirdiferite stăTTposibile este mai mică, cu at it negentropia, adică ordinea sistemului, va fi mai mare. Organismele vii Sunt caracterizate de o ordine şi de o organizare foarte înaltă, deoarece, deşi sunt formate dintr-o mulţime de elemente, acestea au o distribuţie bine stabilită. Ele realizează această performanţă în pofida celui de-al doilea principiu al termodinamicii care reprezintă, după cum remarcă L. Brâuouin (25),

un adevărat decret de condamnare la moarte. Pentru a putea amâna cel puţin aplicarea acestui decret, sistemele biologice trebuie să fie, după cum arată I. Prigogine (116), nişte sisteme disipative, adică să nu srhimb de substanţe şi de energie cu mediul pentru a creşte entropia mediuIpf-înconj urâtor pe măsură ce îşi reduc entropia lor internă. – Dardaca mediul extern acţionează asupra sistemelor şi chiar sistemele acţionează de multe ori între ele conform celui de-al doilea principiu al termodinamicii, fiecare dintre ele manifestă în acelaşi timp şi o anumită rezistenţă faţă de aceste influenţe perturbatoare. Adică lumea găseşte în ea înseşi posibilitatea de a nu se lăsa uniformizată. Ea îşi găseşte posibilitatea de a se diversifica, de a evolua, în pofida

«ului de-al doilea principiu al termodinamicii care tinde spre uniformizare şi spre creşterea entropiei. Desigur însă nu toate sistemele reuşesc să se opună la fel de bine creşterii entropiei, adică nu toate reuşesc să utilizeze la fel de bine acele

posibilităţi de ordine pe care nu le exclude cu desăvârşire cel de-al doilea principiu.

Un sistem este alcătuit, după cum arată P. Apostol (4), câin patru mulţimi; o mulţime a elementelor sale, o mulţime a relaţiilor dintre ele, o mulţime a stărilor pe care clementele respective le pot avea şi o mulţime a. Operaţiilor «are pot duce la aceste stări. Pentru a putea apărea şi pentru a-şi putea păstra cât mai bine identitatea lor şi a sistemului din care fac parte, între elementele acestor mulţimi trebuie să se stabilească anumite relaţii. Iar relaţiile care reuşesc să utilizeze cel mai bine acele posibilităţi pe care cel de-al doilea principiu al termodinamicii nu le exclude cu desăvârşire vor fi, desigur, cele mai adecvate. Sistemele între ale căror elemente se stabilesc astfel de relaţii devin, de fapt, astfel nişte sisteme antientropice, aşa cum sunt sistemele biologice şi sistemele tehnice capabile să se autoregleze.

SISTEMELE CIBERNETICE

Dincolo de aparentele, uneori derutante,

orice maşină, orice planta şi orice animal, indiferent de forma, de mărimea. Ai de tuluarea sa, lin giştem. Cu ajutorul legăturilor intpme rhntrp pipmpnfpip rarp le compiin, datemgţp-7TTUşesc să-şi conserve şi uneori chiar să-şi dezvolte propria lor identitate în pofida numeroaselor influenţeperturbatoare. Iar sistemele ale căror legături interne le oferă posibilitatea de a-şi păstra şi a-şi dezvolta cel mai bine propria lor identitate sunt sistemele cibernetice.

Pe lângă proprietăţile generale ale tuturor sistemelor de a reprezenta nişte elemente aflate în interacţiune, pe lângă proprietatea de a fi deschise, adică de a avea un schimb de substanţe şi de energie cu mediurân care se află, sistemele cibernetice au şi capacitatea de autoreglare. L rin-înterriredâur autoreglării ele reuşesc să câştige un mult mai mare grad de independenţă tată de meditL-e rţr>îl, 1-Sf de sub influenţa, său mai bine zis desub dominaţia, celui 3e-al doilea principiu al termodinamicii, ale cărui imperfecţiuni le folosesc

cu o foarte mare subtilitate. Prin intermediul autoreglării, sistemele cibernetice devin, după cum remarcă N. Wiener (197), nişte insule de organizare şi de progres în universul entropie.

Capacitatea de autoreglare a unui sistem este şi ea, ca şi tăSte celelalte calnaţi, rezultatul modului în care sunt organizate elementele salei Ele pot fi uiganizatfe ’ât douăblocuriunul de comandă şi unul de execuţie. Blocui de comandă sesizează, prin intermediul unor elemente specializate, informaţiile generate de variaţiile elementelor care trebuie reglate, informaţii care privesc de fapt modul de funcţionare a blocului de execuţie. În felul acesta, sistemul de comandă urmăreşte nu numai trasarea comenzilor corespunzătoare programului său de funcţionare, ci şi modul în care sistemul de execuţie îndeplineşte comenzile primite. Acest lucru este foarte important în condiţiile în care numeroşi factori perturbanţi se opun îndeplinirii lor.

Supravegherea modului în care organele de execuţie îndeplinesc comenzile primite se

realizează prin intermediul unui mecanism care a fost denumit mecanism în circuit închis de către D. Danielopolu (31), aferentaţie inversă de către P. Anohin (3), proces circular de către S. Odobleja (100), şi *feed-back* de către N. Wiener (197). Acest mecanism este caracterizat de faptul că elementul reglat influenţează la rândul său elementul care if reglează. Această Tnfluenţă se poate face direct, aşa cum se întâmplă" în cazul mecanismului de fe*ed-back di*ntre molecula de enzimă şi substratul asupra căruia trebuie să acţioneze, sau prin intermediul unor elemente specializate în recepţionarea şi transmiterea informaţiilor. Aceste elemente urmăresc variaţiile elementului reglat şi trimit retroactiv informaţiile corespunzătoare centrului de comandă care va elabora deciziile necesare corectării variaţiilor respective (fig. 2).

Mecanismul de *feed-back* funcţionează astfel conform rezultatelor propriei – sale tw» Hwi±ăţi Mărimea de ieşire *y* a mecanismului de *feed-back* depinde nu numai de acţiunea de transformare pe care o exercită sistemul de reglare S asupra

mărimii de intrare *x*, ci şi de informaţiile retroactive *R* pe care sistemul de reglare le primeşte privind starea mărimii de ieşire *y*. Adică $y = S(x + Ry)$, de unde se obţine

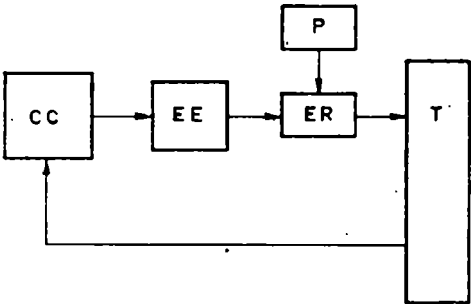


Fig. 2. Schema unui mecanism de *feed-back*

format dintr-un centru de comandă CE, care acţionează asupra uncr crgane de execuţie *EE*, care acţionează la rândul ler asupra elementului reglat *EI*. Pentru a l putea menţine între anumite limite, în condiţiile în care asupra mFacţionează anumite perturbaţii *iJ*, stelâea elementului reglat este urmântă în permanenţa de către” iiII traductor *T*, capabil – *riaţite sale şi să-i trimită centrului de comandă informaţiile necesare corect & rii lor.

$$y = \frac{S}{1 - SR}\ x$$

Care reprezintă, după cum arată O. Lange (61), formula fundamentală a reglării.

— Corectând erorile care apar, adică făcând ca ordinele îndeplinite de sistemul de execuţie să fie identice sau cât mai apropiate posibil de cele primite de la sistemul de comandă, mecanismul de *feed-back* reuşeşte să păstreze în limite cât mai constante elementul reglat. De aceea mecanrsnnil de *feed-back* are o importanţă deosebită în sistemele cibernetice.

După cum se poate constata, cibernetica nu se ocupă însă de natura concretă, adică de substanţa particulara din – cât*»-este alcătuit sistemul şi nici de energia pe care el o utilizează. Trecând dincolo de aparenţele substanţialenergetice, ea studiază mai ales modul în care sistemele sunt organizate şi modul în care

funcţionează ele pentru şT’putea păstra cât mai bine identitatea. Pentru a deveni cibernetic, sistemul trebuie să şPorganizeze elementele sale într-un subsistem de comandă şi într-un subsistem de execuţie. Iar sistemul de execuţie să se afle nu numai sub comanda, ci şi sub controlul sistemului de comandă, care devine astfel de comandă şi control. Prin decizia pe care o ia în urma prelucrării informaţiilor primite din afară, sistemul de comandă caută să adapteze funcţionarea sistemului de execuţie la condiţiile care au generat informaţiile respective. Iar prin controlul pe care îl execută în permanenţă asupra modului în care sistemul de execuţie reuşeşte să îndeplinească deciziile elaborate, sistemul de comandă caută să corecteze influenţele p; care diferitele perturbaţii le au asupra elementului reglat. De aceea N. Wiener a şi denumit cibernetica drept ştiinţa comenzii şi a controlului la fiinţe şi maşini. Prin comandă se realizează adaptarea ieşirilor în funcţie de intrări. Iar prin control se realizează adaptarea comenzilor în

funcţie de ieşiri. Aceste procese de comandă şi control se pot desfăşura în sisteme foarte diferite, atât la fiinţe cât şi la maşini.

Cibernetica a descoperit astfel nişte similitudini acolo unde aparenţele sunt foarte diferite. Oricât de şocant a părut

Şi ar mai putea părea pentru unii, atât fiinţele în stare să-şi păstreze propria lor identitate, cât şi maşinile în stare să se autoregleze, în pofida marilor deosebiri dintre ele, funcţionează totuşi după acelaşi principiu general cum este cel al comenzii şi controlului prin intermediul mecanismului de *feed-back*. Astfel organismul reuşeşte, de exemplu, să-şi păstreze aproape constanta temperatura, chiar dacă temperatura mediului ambiant suferă variaţii foarte import tante. Dar tot prin intermediul mecanismului de *feed-oacfe* reuşeşteşi termostatul coiisliuil d «om să păstreze constanta-temperatura unei instalaţii. Când scade temperatura din instalaţie, un traductor reprezentat de un termometru cuplat la un reostat stabileşte

anumite contacte pentru a creşte cantitatea de curent electric care alimentează elementele de încălzire ale termostatului şi temperatura revine la normal. Când temperatura din instalaţie creşte, atunci traductorul – care sesizează acest lucru – reduce cantitatea de curent electric şi temperatura revine iarăşi la normal.

Sisteme foarte diferite, aşa cum sunt sistemele biologice, sistemele tehnice şi sistemele economice, funcţionează de fapt după aceleaşi principii generale (127). Cibernetica studiază tocmai aceste principii. De aceea ea este, după cum remarcă W. R. Ashby (6), în aceeaşi relaţie faţă de sistemele pe care le studiază ca şi geometria faţă de corpurile reale. Amândouă fac abstracţie de substanţa din care sunt constituite obiectele pe care le studiază. De aceea cibernetică are un exmp foarte mare de aplicabilitate. Ea poate studia cu mult mai multă eficacitate decât fizica, matematica, chimia şi biologia, modul de funcţionare a sistemelor hipercomplexe, fie ele tehnice (41), biologice (19), economice

(61) sau de conducere (187), Toate aceste sisteme, indiferent de structura lor particulară, reuşesc să-şi păstreze propria lor identitate, susträgându-se prin intermediul mecanismului de *feed-back*, de sub dominaţia celui de-al doilea principiu al termodinamicii.

Desigur însă că în cele din urmă nici substanţa şi nici energia pe care o folosesc nu pot să nu influenţeze deloc modul în care diferitele sisteme cibernetice reuşesc să aplice principitil de reglare prin *feed-back*. De aceea au şi apărut diferitele ramuri ale ciberneticii. Cibernetica tehnică studiază modul în care reuşesc să aplice sistemele tehnice principiul de reglare prin *feed-back*. Iar cibernetica biologică studiază modul în care reuşesc sistemele biologice să aplice acest principiu. Indiferent de modul particular în care reuşesc să aplice acest principiu, atât sistemele tehnice cât şi cele biologice ajung la posibilitatea de a-şi menţine, o entropie constanta în universul entropiei crescânde7

Dar sistemele biologice nâi rămân constante

aşa cum s-au născut, file au” cel puţin o anumită perioâ3ă de evoluţie în care îşi cresc ordinea şi rgamzarea. Dar dăcaâpfin corectarea erorâloF mecanismul de *feed-back* nu reuşeşte decât să păstreze ordinea sistemului, înseamnă că pentru creşterea şi dezvoltarea ordinii este necesar un alt mecanism. Acest mecanism mai este necesar şi pentru faptul că funcţionând prin corectarea erorilor, mecanismul de *feed-back* nu poate asigura identitatea sistemului într-un mediu în care se produc şi evenimente ale căror consecinţe nu ar mai putea fi corectate. Or, omul ca şi toate celelalte animale trăiesc într-un mediu în care se produc şi evenimente ale căror consecinţe nu ar mai putea fi corectate. Căderea de la o mare înălţime, ciocnirea cu un automobil sau ingestia unui toxic sunt nişte evenimente ale căror consecinţe, de cele mai multe ori, nu mai pot fi corectate.

De aceea, păstrarea şi mai ales dezvoltarea identităţii sistemului într-un mediu în care se petrec evenimente ale căror consecinţe nu ar mai

putea fi corectate nu se pot face decât printr-un mecanism de prevenire a erorilor. Deoarece mecanismului de retroreacţie, care funcţionează prin corectarea erorilor, i s-a spus mecanism de *feed-back*, noi am denumit mecanismul de prevenire a erorilor mecarfism de *f* & *ect-before*. Adică de reglare în5fntg([55.

Bpre deosebire de mecanismul de *feed-back*, care pentru a corectaerorile produse; „trebuie alimentat cu informaţii Retroactiv, mecanismul de *teed-before* trebuie alimentat-cu informaţii înnintP dă prodnrprea ernHlnr respectiv?». Iar rolul mecanismului de *feed-before* este acela de a preveni, cu ajutorul acestor informaţii, cel puţin acele erori care nu ar mai putea fi corectate. Tocmai pentru a-şi putea îndeplini acest rol el trebuie alimentat cu informaţii înainte.

Dar dacă mecanismul de *feed-back* presupune existenţa unui centru de comandă, a unor organe de execuţie şi a unor traductori care să urmărească variaţiile elementului reglat, mecanismul d *z feed-before* presupune existenţa

unor traduc – tori care să informeze centrul de comandă despre evenimentele care ar putea produce anumite erori. Iar centrul de comandă va trebui să prelucreze în aşa fel informaţia primită, încât să poată ajunge la decizia cea mai adecvată şi să poată îndrepta decizia adoptată spre oricare dintre organele de execuţie de care dispune, alegând de fiecare dată acţiunea şi organul a căror activitate ar putea preveni cel mai bine tulburările pe care modificările ce au generat informaţla respectiva le-ar putea produce.

Există deci o mulţime de evenimente care generează o mulţime de informaţii xxx2… *xn* şi o mulţime de organe de execuţie capabile să îndeplinească o mulţime de acţiuni sau reacţiuni posibile *yyy… y*”. Mecanismul de *feed-before* trebuie să stabilească de fiecare dată corespondenţa cea mai adecvată între elementele mulţimii *X* = („*2… *xn*) şi elementele mulţimii *Y* = (*yty2… ym*) Mecanismul de *feed-before* se interpune astfel între mediu şi sistem, care pot fi consideraţi ca doi parteneri (fig. 3). Pentru că cel

puţin unul dintre parteneri, adică sistemul, are posibilitatea de a-şi alege acţiunile, mecanismul de *feed-before* funcţionează după principiul jocului (29,103).

Jocul presupune existenţa a cel puţin doi parteneri. Mediul şi organismul pot fi consideraţi ca doi partener» între care se destăşoara o competiţie pentru orHine şi dezordine. Mediul tinde, contorm celui de-ai doilea principiu al termodinamicii, să reducă ordinea şi să crească dezordinea, iar sistemul biologic tinde, prin intermediul mecanismului de *feed-before*, să-şi păstreze şi chiar să-şi crească ordinea*. Negentropia pe care o pierde organismul este preluată ca

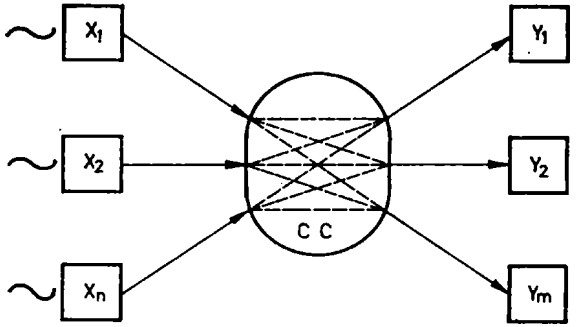


Fig. 3. Pentru a putea alege deciziile corespunzătoare prevenirii ercrilor, mecanismul de *feed-befere* trebuie să aibă posibilitatea de a îndrepta informaţiile *xlx2… xn*, sau mai bine zis deciziile care rezultă în urma prelucrării ler, spre oricare dintre crganele de execuţie *yty2… yn*» capabile de a preveni erorile respective.

Entropie de către mediu, iar entropia pe care o pierde mediul este preluată ca negentropie de către organism. Jocul dintre organism şi mediu este deci un joc cu sumă nulă, în care tot ce irieide un partener este preluat de către celălalt partener.

Deoarece în mediu exista mai multe sisteme şi deoarece, de cele mai multe ori, oamenii se asociază în lupta lor împotriva celui de-al doilea principiu al termodinamicii, jocul dintre organism şi mediu poate fi considerat şi ca un joc între mai mulţi parteneri (46).

Jocurile pot fi studiate de către teoria matematică a jocurilor care are o tradiţie destul de îndelungată, de prin 1650, când jocurile au fost

abordate de către Blaise Pascal. Teoria matematică a fost însă formulată abia prin 1944 de către J. Neumann şi O. Morgenstern (94). Apoi teoria jocurilor s-a dezvoltat şi s-a diversificat foarte mult (103). Azi se cunosc mai multe feluri de joc. În funcţia mulţimea acţiunilor şi rpac. Ţinnilor pe care le pot adopta cei doi parteneri, se cunosc jocuri finite şi jocuri infinite. În îuncţie de numărul de parteneri, jocurile pot fi cu doi, cu trei şi cu mai mulţi parteneri.

Jocul finit dintre doi parteneri este un joc normal sau matriceal. Un joc în formă normală este caracterizat de tripletul (*X, Y,* /), unde *X* ŞI Y sunt mulţimile acţiunilor sau reacţiunilor posibile ale, celor doi parteneri, iar / este funcţia de utilitate.

Dacă, spre exemplu, jucătorul *Pt* alege acţiunea sau strategia *Xt,* iar jucătorul *P2* alege strategia *Y*}, atunci el va plăti jucătorului *Pv* un câştig *at*) = *f* (*xt, yf*), în funcţie de strategiile *xt y*} pe care le-au ales.

Dacă însă într-un joc *G* = (*X, Y, f*) de ordinul

în *xn*

$$a_i = \min_{1 \leqslant j \leqslant n} a_{ij}.$$

Jucătorul P, alege strategia *xte X*, atunci el ar putea să se aştepte ca adversarul său să aleagă strategia *y*} *eY* pentru care câştigul său *a*ţ) să fie minim, adică:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Caracterizat de matricea:

Jucătorul *Px* poate fi însă convins că are asigurat acest câştig minim *at*. Puţintfluege însă orke ştiauigitiâjQl & lui ul *Px* va căuta să aleagă acea strategie *xt* în care acest câştig minim să fie cât mai mare posibil. El va căuta să aleagă acea strategie în care valoarea inferioară a jocului *G*, adică l e, să fie egală cu cel mai mare câştig minim pe care jucătorul Pi şi-l poate asigura fără niciun

risc. Iar valoarea inferioară a jocului G este:

$$V_G = \max_{1 \leqslant i \leqslant m} \alpha_i = \max_{1 \leqslant i \leqslant m} \min_{1 \leqslant j \leqslant n} a_{ij}.$$

Această strategie a jucătorului Pi este o strategie maximin (29).

$$\max_{1 \leqslant j \leqslant n} \min_{1 \leqslant i \leqslant m} a_{ij}.$$

Sau o pierdere de cel mult:

Utilizând o strategie minimax, jucătorul P2 îşi asigură un câştig de cel puţin:

$$\min_{1 \leqslant j \leqslant n} \max_{1 \leqslant i \leqslant m} a_{ij}.$$

$$\bar{V}_G = \min_{1 \leqslant j \leqslant n} \alpha_j = \min_{1 \leqslant j \leqslant n} \max_{1 \leqslant i \leqslant n} a_{ij}.$$

Jucătorul P2 este şi el interesat să-şi reducă pierderea la minimum. De aceea el va alege acea

strategie minimax în care valoarea superioară a jocului *G*, adică *Ve*, să fie:

Dacă *Ve* = *VG* atunci jocul este cu punct şa. Punctul şa corespunde perechii de strategii *x*ţ*y*, care sunt optime pentru ambii parteneri.

Din punctul de vedere al cantităţii de informaţie, jocurile pot fi cu informaţie completă şi cu informaţie parţială. Desigur că jocurile cu informaţie completă sunt mai avantajoase, deoarece jucătorulţşl poate alege strătggirfe-sale în funcţie de strategiile adversarului. De aceea organismul uman caută să recepţioneze cât mai nuută informaţie.

Mecanismul de *feed-oejore* poate îi întâlnit, ca şi mecanismul de *feed-back*, în sisteme cibernetice cu structuri particulare foarte diferite, atât în sistemele biologice, cât şi în unele sisteme tehnice şi economice. Dar deşi poate fi modelat cu ajutorul teoriei matematice a jocurilor, mecanismul de *feed-before* nu poate fi redus la un aparat matematic, deoarece el reprezintă un anumit mod de organizare a elementelor capa hi 1

să aplice în realitate acest principiu.

Mecanismul de *feed-before* dispune de un subsistem de explorare, de sondare, de urmărire, de supraveghere a partenerului şi de un subsistem de primire şi de prelucrare a informaţiilor primite pentru a ajunge la decizia cea mai adecvată prevenirii perturbaţiilor. Mecanismul de *feedbefore* ar trebui să aibă cât mai multe intrări pentru a putea primi cât mai multe informaţii despre partener şi să aibă cât mai multe ieşiri, pentru a putea acţiona şi reacţicma cât mai specific şi cât mai adecvat diferitelor situaţii. Pentru ’aputea realiza acest lucru control său de comandă trebuie să fie atât de complex, încât să poată trimite aproape orice informaţie spre aproape orice cale de ieşire posibilă, indiferent de calea pe care a intrat.

Pentru a putea îndrepta însă informaţiile, sau mai bine zis deciziile care rezultă în urma prelucrării informaţiilor respective, spre ieşirea, adică spre organul cel mai adecvat, centrul de comandă trebuie să efectueze de fiecare dată o

alegere. Tocmai peââlru a putea face această alegere mecanismul de *feed-before* are nevoie de cât mai multe informaţii. Cu ajutorul lor, el trebuie să aprecieze probabilitatea de producere a diferitelor erori. Dacă pe baza informaţiilor primââe-centrul de comandă apreciază că este foarte probabil să se producă evenimentul *Xt,* ceea ce în teoria jocurilor înseamnă că este foarte probabil ca mediul să adopte strategia *xit* atunci mecanismul de *feed-before* va căuta să aleagă strategia *yjt* capabilă să prevină tulburările pe care strategia *Xt* le-ar putea produce. Pe lângă informaţiile privind strategia partenerului, mecanismul de *feed-before* trebuie să mai dispună şi de informaţiile privind utilitatea pe care diferitele strategii *yvy2... yn* le-ar putea avea în cazul strategiilor *x...* xnale mediului. Iar prin înscrierea utilităţii acţiunilor *y%yt... yn* în fiecare din evenimentele *xxx2... xn* se poate obţine matricea jocului pe care organismul îl susţine cu mediul (fig. 4). În cazul jocului cu sumă nulă, adică în cazul jocului în care tot ce pierde un partener

este preluat de către celălalt partener, strategiile au aceeaşi utilitate, dar cu semn schimbat: *Ux* = – *Uv*.

Cu ajutorul informaţiilor generate de evenimentele ale căror consecinţe trebuie prevenite, precum şi al utilităţilor pe care le au diferitele strategii posibile în diferitele situaţii, mecanismul de *feed-before* ar putea funcţiona perfect dacă evenimentele prevăzute s-ar produce în realitate şi dacă starea sistemului nu s-ar modifica mereu. Pentru a putea preveni variaţiile de temperatură ale unui sistem care trebuie să-şi modifice el însuşi temperatura, după un anumit program, mecanismul de *feed-before* va trebui să primească.

		M e dlu				
	Y/X	Xi	X2	X3	XA	Yg
Organism	Y)	9	3	5	1	1
	Y2	1	2	2	3	1
	Y	5	*U*	6	7	*U*

	3					
	Yi	2	1	2	5	1
	VG	9	4	6	7	

Fig. 4. Jocul dintre organism şi mediu ar putea fi reprezentat schematic sub forma unei matrice. Pe rânduri pot fi înscrise acţiunile *yiy**… *yn* ale organismului, pe coloane acţiunile mediului *x**x*%… xn, iar la întretăierea rândurilor cu coloanele respective, valorile lor de utilitate. Dacă în exemplul nostru, organismul alege strategia *y*\ pentru a obţine un câştig maxim de 9, riscul este foarte mare, deoarece dacă mediul răspunde cu strategia *4, atunci îi reduce câştigul la 1. Dacă din prudenţa organismul alege strategia *y*%, atunci oricare ar fi răspunsul mediului, el are asigurat un câştig minim de 4. Strategiile *x yz* reprezintă punctul şa al jocului, în care câştigul minim este egal cu câştigul maxim.

Pe lângă informaţiile generate de modificările din mediul extern, şi informaţiile generate de modificările din mediul interior.

Informaţiile generate de modificările din mediul intern vin, ca şi în cazul mecanismului de *feed-back*, retroactiv pentru a influenţa în modul corespunzător alegerea strategiilor de către centrul de comandă al mecanismului de *feed-before* (fig. 5).

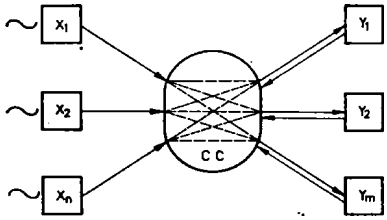


Fig. 5. Pentru a putea stabili deciziile cele mai adecvate prevenirii tulburărilor pe care diferiţi factori perturbanţi le-ar putea produce, centrul de comandă al mecanismului de *feed-before CE* primeşte informaţii nu numai de la evenimentele din mediu *xn*, ci şi de la traductorii *yiy* Vm* ai mecanismelor de *feed-back*, care 11 informează, despre situaţia dinăuntrul organismului.

Superioritatea mecanismului de *feed-before*

este determinară* de cantitatea de informaţie pe care el-o recepţionează şi posibilitatea de a îndrepta decizia care rezultă spre organul care ar putea îndeplini acţiunea cea mai adecvată. De aceea omul caută să culeagă cât mai multe informaţii. Este adevărat că traductorii, adică organele de simţ ale omului, nu sunt atât de perfecţionaţi ca traductorii unor animale, care duc totuşi un joc mult mai puţin eficace decât duce organismul uman. Vulturul, spre exemplu, vede mult mai bine, iar câinele are un miros mult mai firPdecât omul. Dar omul a compensat şi a hipei compensat această" inferioritate, prin inventarea unor aparate, cum ar fi microscopul, telescopul, telefonul, radioul, radarul şi multe altele, cu care îşi poate culege mult mai multe informaţii decât ar putea culege vreun alt sistem biologic cu traductorii săi*

Dar dacă în privinţa traductorilor omul este întrecut uneori de către unele animale, în ce priveşte centrul de comandă şi control către care converg informaţiile culese, superioritatea omului

este incontestabilă. Creierul omului, către care converg informaţiile culese, *este centrul de cOmattdă şi control cel mai perfecţionat. Cele I? milâărrip de neuroni formează cu prelungirile lor o reţea de o /eolârptexrtHte-fantastică, rapabâla de a prelucra extrem de nuanţat informaţia pe care o primeşte (95). Această reţea îi oferă creierului posibilitatea de a îndrepta informaţiile primite spre aproape orice cale de ieşire, indiferent de calea pe care au intrat. Îndreptarea informaţiilor, sau mai bine zis a deciziilor, spre o anumită cale de ieşire, adică spre un anumit organ de execuţie, depinde de utilitatea pe care o are activitatea organului respectiv pentru prevenirea tulburărilor pe care evenimentele ce au generat informaţia respectivă le-ar putea produce. De aceea pţocesul de prelucrare a informaţiilor, cu numeroasele şi compiicateje moditicâri biotiziccşi biochimice care au Toc în sistemul nervos (9), uinâareştti de fapt să evalueze” informaţiiIe-TJmmte şi să le îndrepte spre calea de-Teşirer care duce la organul a cărui activitate ar aveacea

mai mare valoare de utilitate (132).

Cibernetica arată că, dincolo de aparenţele uneori derutante, sistemele tehnice, biologice şi economice, în aparenţă foarte diferite, funcţionează de fapt după aceleaşi principii generale de corectare şi chiar de prevenire a erorilor. Principiul de corectare a erorilor este mai simplu şi mult mai răspândit atât în sistemele tehnice, cât şi în sistemele biologice. Dar chiar dacă este mai complicat, mecanismul de prevenire a erorilor este foarte eficace şi foarte necesar. Tocmai de aceea el s-a impus şi s-a perfecţionat crescând capacitatea antientropică şi antialeatoare a sistemelor biologice.

Cu mecanismul său de *feed-before* cel mai perfecţionat omul a reuşit să domine şi într-o oarecare măsură chiar să schimbe mediul înconjurător. În loc să se lupte din greu cu dezordinea, aşa cum fac celelalte animale, luptă care presupune o mare cheltuială de energie şi un mare risc, omul a căutat să prevină dezordinea., ceea ce presupune o mult mai mica cneituială de

energie şi un risc mult mai mic. El a dobândit astfel, pe lângă calităţile antientropice, şi calităţi antialeatoare* cu ajutorul cărora caută să prevină întâmplarea care ar putea să producă dezordine (68). Astfel» cu un risc minim şi cu o cheltuială minimă de energie, el îşi asigură un câştig maxim de negentropie şi în acelaşi timp cea mai mare independenţă posibilă faţă de mediul în care trăieşte. Utilizând în interesul său faptul că mediul nu îşi alege strategiile sale în funcţie de strategiile partenerului, organismul uman caută să transforme în realitate acea mică posibilitate de a exista, de a-şi reduce entropia, pe care cel de-al doilea principiu al termodinamicii nu o exclude cu desăvârşire. Mediul tinde să crească dezordinea şi să scadă ordinea, ceea ce ar duce la distrugerea sistemului, dar el nu exclude acea organizare a elementelor sistemului capabilă să se opună încercărilor sale întâmplătoare. El nu exclude mecanismul de *feed-back* şi nici mecanismul de *feed-before* cu ajutorul cărora organismul reuşeşte să introducă o anumită ordine nu numai

în structurile sale biologice, ci şi în mediul entropie.

REGLAREA CA MIJLOC ANTIENTROPIC

Mecanismele de *feed-back* şi de *feed-before* sunt nişte mecanisme de reglare, deoarece acţionând asupra unor elemente, dinăuntrul sau din afara sistemului, caută să le aducă şi să le menţină într-o anumită stare care nu se obţine în mod spontan. În mod spontan fenomenele tind spre o dezordine maximă. Iar sistemele cibernetice tind, după cum am văzut, către o ordine maximă. Pentru a putea obţine această ordine, ele trebuie să consume-o Jajmmită cantitate de energie. O parte din această energie se va" pierde us formă de căldură în mediul extern, ducând astfel – alături de celelalte acţiuni ale organismului – la creşterea entropiei mediului.

Pentru a-şi putea menţine ordinea, sistemul trebuie să fie disipativ (116). Dar caracterul disipativ nu este suficient, deoarece nu este suficient să primească energie şi să ducă la creşterea entropiei mediului înconjurător. Pentru

a-şi putea menţine ordinea, sistemul trebuie să folosească-într-un ănumăr fel energia primită. De aceea pentru a-şi putea menţine ordinea sistemul trebuie să desfăşoare anumite procese de reglare. Cu ajutorul proceselor de reglare, chiar şi un sistem format din elemente instabile poate deveni, după cum remarcă W. R. Ashby (6), un sistem ultrastabil. Datorită conexiunilor sale interne şi proceselor de reglare pircâre le-desfăşoară; organismul numai r a „devenit mai stabil. Decât celulele din care este format. De ceear-eKlăr dacă unele celul, e-mor, iar altele suferă tulburări importante, stabilitatea organismului nu suferă, până la un moment dat, modificări importante, deoarece erorile produse sunt corectate sau compensate de anumite mecanisme de reglare.

Orice mecanism de reglare dispune de un sistem de elaborare a comenzilor pe care un sistem de execuţie le transformă în acţiuni efective asupra elementului reglat. Pentru ca reglarea să fie posibilă este necesar ca elementul supus reglării să poată suporta modificarea stării

sale în sensul dorit. Centru a putea regla temperatura unui termostat, spre exemplu, este necesar ca elementele din care este construit să poaâă realiza y să poată suporta tempe Jatura pe care dorim să o menţinem. Ije multe ori tocmai pentru că elementele sistemului nu pot să suporte variaţii prea mari de temperatură, ea trebuie menţinută în limitg. Cât mai constante, aşa cum se întâmplă în cazul animalelor liomeoterme

Apoi, pentru a fi nevoie de o reglare este necesar ca elementul reglat să-şi modilice starea şi altfel decât în sensur-dorit. Adică să fitj-necesară aducerea şi menţinerea lui întR-o altă stare decât cea pe care tinde să o ia în mod spontaniReglai l-a e5te deci un fenomen activ care urmăreşte să unul inie feliomenelor un alt sens decât „cel către care tinde să strândrepte în Mod spontan. Pentru a imprima fenomenelor un alt sens de-deŞTăşurare decât cel către care tind să se îndrepte în mod spontan, reglarea trebuie să înfrunte acţiunea celui de-al doilea principiu al termodinamicii, care urmăreşte creşterea

entropiei, în timp ce. Reglarea urmăreşte scăderea ei. De aceea reglarea este un mijloc de luptă împotriva entropiei.

Fie că funcţionează după principiul corectării, fie că funcţionează după principiul prevenirii erorilor, mecanismele de reglare reprezintă modul concret prin care sistemele reuşesc să aplice aceste principii. Desigur că pentru a putea aplica aceste principii în realitate, ele trebuie să dispună de o anumită organizare. Apoi trebuie să consume o anumită cantitate de energie.

Mecanismele de reglare nu vor putea totuşi să menţină o orfilne perfectă, deoarece pentru a se opune diferiţilor factori perturBanţi, produc ele însele o anumită cantitate de dezordine. În cadrul „proceselor de reglare este necesar, spre exemplu, un permanent schimb de informaţii. Pentru primirea şi transmiterea acestor informaţii sunt necesare însă anumite modificări care reprezintă de fapt o dezordine locală, adică o creştere a entropiei locale (76). Ordinea pe care o

obţine în cele din urmă sistemul este mai mare decât dezordinea locală şi temporară cu care trebuie să o plătească. Dar deşi organismul obţine în cele din urmă o ordine mai mare decât dezordinea cu care trebuie să o plătească, niciun mecanism de reglare nu poate asigura totuşi o ordine perfectă, pentru că reglarea însăşi presupune o anumită dezordine. Mecanismul de reglare este însă cu atât mai perfecţionat cu cât ordinea pe care o obţine este mai mare decât dezordinea cu care o plăteşte. Diferenţa de ordine se obţine prin folosirea într-un anumit fel a energiei de care dispune sâSTemul. Nu există mecâllisiri de reglare care să nu consume o anumită cantitate de-energie. Pentru a putea obţine însă o anumită ordine, mecanismele de reglare trebuie să controleze această energie, Deoarece o energie necontrolată duce de obicei la creşterea dezordinii, ăŞă cum se întâmplă, spRe exemplu, în cazul unei explozii care distruge ordinea existenta. Dacă mecanismele de reglare nu ar controla energia de care dispun, atunci în

loc să ducă la creşterea ordinii ar duce la scăderea ei. Dacă mecanism**! *» Hp rulare ale organismului nu ar controla energia de care dispun, atunci punerea bruscă în libertate a celor 686.000 de calorii pe care le poate elibera o moleculă gram de glucoză (adică 180 de grame de glucoză) ar creşte temperatura unui om de 70 kg cu10 grade Celsius? Ceea ce ar putea duce la coagularea proteinelor sale (17 rrr a menţine ordinea necesară, mecanismele de reglare trebuie să folosească în mod eşalonat şi controlat energia de care dispun, pentru a asigura legătura dintre elementele sistemului şi apoi pentru apreveni sau corecta tulburările pe care diferiţi tactori perturbanţf-Ie-ar putea produce. Desigur că atunci când elementele sistemului manifesta în mod spontan tendinţa de a se uni între ele şi de a-şi păstra” o anumită ordine, aşa cum se întâmplă în cazul cristalelor spre exemplu, care apar în mod spontan şi chiar obligatoriu în anumite condiţii de mediu, mecamsTTrgie „de reglare nici nu sunt necesare.

Spre deosebire însă de cristalele care iau naştere în Tnod spontan şi obligatoriu în anumite condiţii, fiinţele vii nu iau naştere în mod spontan şi obligatoriu. Azi nu se mai întrunesc condiţiile pentru apariţia spontană a vieţii. În aceleaşi condiţii de mediu în care au apărut, puteau foarte bine să nu apară. De aceea pentru întrunirea condiţiilor necesare, pe lângă substanţa, energia şi informaţia corespunzătoare, mai sunt necesare şi anumite mecanisme de reglare. Ar fi suficient să amintim că viaţa se desfăşoară în mediu lichid nu numai când este vorba de vieţuitoarele marine, ci şi atunci când este vorba de vieţuitoarele din pustiul

Saharei. Iar pentru menţinerea acestui mediu, pe lângă o anumită cantitate de apă, de energie şi de informaţie, mai sunt necesare şi anumite mecanisme de reglare care să folosească într-un anumit fel substanţele, energia şi informaţia respectivă. Apoi mecanismele de reglare trebuie să asigure o anumită compoziţie, o anumită presiune şi o anumită temperatură

acestui mediu acvatic, care a fost şi continuă încă să fie leagănul vieţii. Deşi mediul extern nu exclude toate aceste condiţii, ele nici nu le facilitează. Dimpotrivă, el tinde să uniformizeze compoziţia lichidelor, să egalizeze presiunile şi temperaturile. Mecanismele de reglare treDuie să se opună acestei uniformizări. Iar atunci când uniformizarea se produce totuşi, ele trebuie să o corecteze pentru a asigura condiţiile necesare vieţii. /

Natura a găsit foarte multe căi pentru a asigura prin intermediul unui mecanisme de reglare particulate acele condiţii generale pe care le solicită viaţa, lia a utilizat în cele mai diferite ieluri acea şansă pe care mediul nu o exclude cu desăvârşire. Fiecare fiinţă şi-a creat mijloacele ei particulare, care se deosebesc mai mult în formă decât în conţInut. Aşa spre exemplu, deşi animatele acvatice respira prin Branhii, iar cele terestre respiră prin plămâni, toate reuşesc să asigure celulelor oxigenul necesar. Pentru li-şi asigura condiţii cât mai bune de existenţă, unele

vieţuitoare şi-au creat, şi-au delimitat, un mediu intern, care se interpune între structurile vii şi mediul extern, ferind astfel structurile proprii de influenţele prea brutale ale mediului extern. Compoziţia mediului intern este apoi menţinută, prin intermediul unor mecanisme de reglare, în limitele necesare, pentru ca viaţa să se poată desfăşura normal.

La fiinţele superioare posibilitatea de a-şi păstra propria lor identitate merge atât de departe, încât ele nu suportă niciun element străin. Cu ajutorul unui complicat mecanism He reglare imunitară. Ele reiisesc să respingă orice structură străină care ar încerca să pătrundă în intimitatea organismului. – Reglarea nu se rezumă însă numai la aducerea şi menţinerea elementelor sistemului într-o anumită stare, ci se extinde şi asupra mediului înconjurător. După cum arată V. A. Trapeznicov (188), indiferent de activitatea pe care o desfăşoară, organismul uman reglează mereu câte ceva, fie că este Vorba de o activitate fiziologică, care urmăreşte reglarea structurilor

inlei ne, lie Că este Vorba de o activitate fizică sau intelectuală, care urmăreşte reglarea obiectelor şi fenomenelor din jur. Un organism care doarme îşi reglează funcţiile sale vegetative, cum ar fi respiraţia şi circulaţia sângelui. Un săpător îşi reglează mişcarea mâiniLor şi a corpului pentru a putea efectua săpăturile necesare. Un conducător de întreprindere reglează şi coordonează activitatea subalternilor săi. În toate cazurile elementele reglate trebuie aduse într-o anumită stare, care, deşi nu este exclusă, nu se obţine în mod spontan şi obligatoriu.

Reglarea poate fi programată, urmărind realizarea întocmai a unui anumit algoritm, sau poate fi euristică, lăsând centrul de comandă să găsească singur regulile prin care se poate obţine efectul dorit.

Reglarea euristică este mult mai maleabilă, desfăşurându-se prin tatonare, prin explorare şi prin evaluare. De aceea poate fi aplicată şi în condiţii neprevăzute. La ea recurg sistemele biologice foarte complexe care trebuie să trăiască

într-nn mprim tnan-g mmpipv Vn rare nu pnr fi prevăzute toate situaţiile pentru a se elabora regulile exacte de rezolvare a lor. Mecanismul de *feed-back* realizează o reglare după reguli precise, pe când mecanismul de *feedbefore* realizează o reglare după reguli mai puţin precise şi uneori chiar după reguli pe care şi le găseşte singur. De aceea prin intermediul mecanismului de *feed-before* se realizează de fapt acea reglare cognitivă şi comportamentală de care vorbeşte J. Piaget (110). El deosebeşte o reglare fiziologică, una morfologică, una cognitivă şi una comportamentală. Reglarea fiziologică este o reglare antientropică, de luptă cu factorii perturbanţi. Secreţia de anticorpi este rezultatul reglării fiziologice. Desigur ca şi adaptarea comportamentală presupune anumite reacţii fiziologice, dar nu atât pentru a se lupta cu factorii perturbanţi, cât pentru a-i evita. De aceea reglarea comportamentală şi reglarea cognitivă au mai ales un caracter antialeator, de a preveni întâmplarea care ar putea produce anumite erori.

De aceea reglarea comportamentală şi reglarea cognitivă asigură performanţe pe care reglarea fiziologică nu le-ar putea realiza. Pe fapt, tocmai prin intermediul reglării comportamentale şi cognitive a reuşit omul să devină homo ciberneticus, adică omul conducător, deoarece conducătorul caută să evite erorile şi nu să se lupte cu repararea erorilor, care 4e multe ori nu mai pot fi corectate.

NECESITATEA INFORMAŢIEI PENTRU DESFĂŞURAREA PROCESELOR DE REGLARE

Sistemele cibernetice sunt nişte sisteme deschise care realizeăza un schimb permanent de substanţe şi de energie cu mediul jfl care se află. Spre deosebire însă de alte sisteme, cum ar fi motoarele cu explozie spre exemplu, al căror schimb se rezumă la substanţă şi la energie, sistemele cibernetice întreţin şi un permanent schimb dti informaţie cu mediul extern. Fără informaţie nu se poate realiza niciun tel de reglare şi deci nu se poate obţine acea ordine care face din sistemele cibernetice nişte insule de ordine în

universul entropie (196).

Pentru a putea intra însă în posesia informaţiilor. Necesare, sistemele cibernetice trebuie să sesizeze acele mici cantităţi de substanţa şi de energie care sunt purtătoarele informaţiei. De aceea ele dispun He nişte elemente specializate, aşa cum sunt organele de simţ ale sistemelor vii, sau celula iotoeiectrică şi termometrul sistemelor tehnice, cu ajutorul cărora pot sesiza acele infime cantităţi de energie care transportă liifofmatia generată, de variaţiile factorilor de mediu. Ochiul poate sesiza infima cantitate de energie luminoasă de 5 x 10” 18 cal. Urechea poate sesiza energia de IO-11 ergi, iar organul mirosului poate sesiza o substanţă chiar şi în infima cantitate de 2 x IO-8 mg/cm3. De aceea, în timp ce nmul primeşte prin intermediul alimentelor, care îi asigură energia necesară, aproximativ 3000 de calorii pe zi, el nu primeşte prin intermediul semnalelor care ajung a organele sale de simţ decât 2 – 3 calorii pe zi. Energia care este recepţionată de ochi nu depăşeşte o calorie,

iar cea recepţionată de ureche este de 100 de ori mai mică (171).

Recepţionând nu numai variaţiile mari de substanţă şi de energie, ci şi variaţiile extrem de mici, sistemele cibernetice reuşesc să se adapteze mult mai bine şi să prevină influenţele distructive pe care le-ar putea avea variaţiile mari de substanţă şi de energie. Recepţionarea acestor mici cantităţi de substanţă şi de energie, neriscante şi cu o mare valoare orientativă, este tot atât de necesară mecanismelor de reglare ca şi substanţa şi energia fără de care nu pot funcţiona. Pentru a putea păstra constantă temperatura, glicemia sau volumul de lichid, mecanismele de *feed-back* trebuie să primească retroactiv informaţiile generate de variaţiile lor. Cu cât traductorul va fi mai sensibil pentru a putea sesiza variaţiile cele mai mici, cu atât mecanismul de *feed-back* va putea păstra elementul reglat în limite cât mai constante.

R După V. M. Gluşkov (41), informaţia este expresia neuniformităţii distribuţiei substanţei şi

energiei în spaţiu şi timp. Orice redistribuire poate aduce o noutate, adică x> informaţie. De aceea moaincarea elementului reglat va reprezenta o informaţie pentru centrul de reglare ăl mecanismului de *jeea-oacR*. 1

Dacă substanţa şi energia ar fi absolut uniform repartizate în spaţiu şi timp, într-o masă absolut omogenă, atunci nu s-ar putea vorbi de informaţie. Dar universul nu este o structură absolut izotropă. Substanţa şi energia sunt neuniform repartizate în spaţiu şi timp. Şi tocmai prin neuniformitatea distribuţiei, prin continua lor mişcare şi transformare, substanţa şi energia generează şi transport mereu informaţie. De aceea, dacă informaţia este indisolubil legată de substanţă şi de energie apoi şi energia şi substanţa sunt, la rândul lor, indisolubil legate de informaţie.

Substanţa şi energia pot genera şi transmite, datorită ipostazelor foarte particulare sub care-sIăr putea Ttft57ân? ormaţii toarte diferite. Tocmai de aceea informaţia este mult mâi

necesari, pentru a indica mecanismelor de reglare starea mereu particulară sub care se pot afla substanţa şi energia înconjurătoare şi modul în care ar trebui să funcţioneze pentru a atinge* „în condiţiile respective, scopul propus.

Majoritatea ciberneticienilor, ocupându-se mai mult de mecanismele de reglare, s-au ocupat mai puţin de natura şi de esenţa informaţiei, mulţumindu-se să o definească din punct de vedere cantitativ ca pe o măsură a noutăţii. Informaţia este o realitate mult mai complexă decât cea cuprinsă în teoria matematică a informaţiei. Este adevărat că sub impulsul progresului realizat de mijloacele tehnice de calcul, studiul informaţiei s-a detaşat oarecum de ştiinţa ciberneticii. Dar nici informatica ce a luat naştere nu abordează natura şi esenţa informaţiei, legile sale de transformare şi de conservare. Teoria matematică a informaţiei şi informatica nu au ca obiect informaţia, ci modul de transmitere şi de prelucrare a semnalelor. De aceea este necesară apariţia unei ştiinţe care să aibă ca

obiect de studiu informaţia însăşi, ştiinţă pe care noi am denumit-o *informatologie* (163).

Dar chiar dacă teoria matematică a informaţiei nu reuşeşte să epuizeze toate aspectele informaţiei, ea este totuşi extrem de utilă şi de necesară (45). Conform teoriei informaţiei, informaţia H pe care o poate aduce un experiment depinde de numărul n de rezultate posibile. Dacă toate rezultatele sunt echiprobabile, atunci $H = \log n$, după cum a arătat R. V. Hartley în 1928 (50). Dacă rezultatele nu sunt echiprobabile, atunci

$$H = \log\left(\frac{1}{p}\right)$$

Unde p este probabi litatea de apanţie a rezultatului r. Iar informaţia pe care o aduce un mesaj, adică o succesiune de semnale, va fi, după cum a arătat C. E. Shannon (176) în 1948:

$$H = -\sum_{r} p_r \log p_r$$

Informaţia calculată cu aceste formule se măsoară în biţi, bitul reprezentând cantitatea de informaţie pe care o poate aduce o experienţă cu numai două rezultate posibile şi echiprobabile, cum ar şi de sau nu, alb sau negru etc. Trebuie remarcat însă că indiferent dacă rezultatul experienţei este da sau nu, el tot un bit aduce. Desigur însă că informaţia generată de rezultatul nu va declanşa, în destinatar, alte reacţii decât cea generată de rezultatul da. Aceeaşi cantitate de informaţie de un bit va declanşa deci, în funcţie de calitatea ei, care scapă teoriei matematice a informaţiei, reacţii foarte diferite. Teoria informaţiei studiază mai mult posibilităţile de apariţie şi de transmitere ăsemrialtfloi decât conţinutul lor.

Transmiterea informaţiei presupune un sistem de comunicaţie care trebuie să aibă cel puţin o sursă, un canal şi un destinatar sau un receptor. Sursa de informaţie emite semnalele *xxx* %… *xn*, care pot fi literele dintr-o mulţime *X* a unui alfabet. Emiterea unui semnal *x*ţse realizează

cu probabilitatea *p* (*xt*). Adică sursa de informaţie S poate fi caracterizată de o mulţime de semnale care se pot realiza cu o anumită probabilitate, ceea ce se poate scrie [. *X*, *x*, *P* (*x*)].

Asupra semnalelor emise de sursă acţionează de-a lungul canalului de comunicaţie anumite perturbaţii, care fac ca semnalele recepţionate de destinatar să nu mai fie identice cu cele emise de sursă şi uneori nici să nu mai facă parte din mulţimea *X*, ci dintr-o altă mulţime *Y*.

Primirea semnalelor de către destinatar se face şi ea cu o anumită probabilitate *p* (*y*). Adică receptorul poate fi caracterizat de mulţimea Y pe care o recepţionează cu o anumită probabilitate *p* (*Y*), ceea ce se poate scrie 1'Y, *y*, *p* (*y*) ′].

Trebuie remarcat deci că informaţia recepţionată de destinatar nu este identică cu informaţia emisă de sursă, deoarece prin canalul de comunicaţie se pierde o anumită cantitate de informaţie (fig. 6).

„Teoria matematică a informaţiei mai studiază şi procesul de codificare, adică

corespondenţa care se stabileşte între semnalele *xlx2… xn* emise de sursă şi elementele *uYu2… un* ale unei mulţimi U. Legea potrivit căreia se asociază semnalelor xE*X* şiruri de semnale *uqU* se numeşte cod. Codul este deci o funcţie definită pe *X* cu valori în *U*. Pot exista foarte multe coduri. Se poate face ca fiecărei litere din alfabetul obişnuit să-i corespundă un anumit şir de linii şi de puncte, aşa cum se întâmplă în alfabetul Morse, spre exemplu.

Codificarea informaţiei este un proces foarte util, fără de care nu ar fi posibilă transmiterea informaţiei de la un sistem cu o anumită structură la un sistem cu o altă structură, care nu poate primi şi transmite prin structurile sale

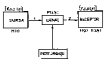


Fig. 6. Schema matematică a unui sistem de comunicaţie (după S. Guiaşu).

Semnalele emise de sursă. Fără codificare nu ar fi deci posibilă comunicaţia între sisteme cu

structuri diferite. Foarte multe surse emit, spre exemplu, semnale sonoreţ care se transmit până la receptor sub forma II nor-vibrăţil atusticei Dar nici omul şi nici magnetofonul caie le lecepţiuuează nu pot transmite prin structurile lor vibraţiile acustice şi de aceea le transformă. În stimuli nervul şi lu’ curent electric. Deoarece codifică, decodifică şi recodifică informaţiile pentru a le putea transmite mai întâi prin intermediul unor impulsuri nervoase, de-a lungul prelungirilor neuronale, iar apoi prin intermediul unor mediatori chimici de la un neuron la altul, sistemul nervos prelucrează informaţiile cu o viteză mult mai mică decât calculatorul electronic care transmite informaţiile cu o viteză de peste 200.000 km pe secundă. Deşi nu poate transmite informaţiile cu o viteză mai mare de 120 în pe secundă, organismul uman reuşeşte totuşi să le prelucreze de obicei în timp util pentru a face faţă diferitelor situaţii.

Atunci când în mediu se produc anumite evenimente, cum ar fi mişcarea unui corp sau o

anumită explozie, care prin mărimea lor ar putea periclita existenţa organismului, acesta recepţionează acea mică cantitate de substanţă şi de energie pe care corpul sau explozia respectivă le împrăştie în jur sub forma unor unde luminoase sau acustice, care se transmit cu o viteză mult mai mare. Decât corpul sau fenomenul care le-a generat.

Recepţionând aceste mici cantităţi de substanţă şi de energie, care nu pun în pericol existenţa sistemului, el se poate informa la timp despre pericolul pe care evenimentele ce le-au generat l-ar putea produce. Iar datorită vitezelor foarte mari cu care ele se pot transmite, sistemul dispune de oDicei de timpul necesar pentru a alege şi a îndeplini deciziile cu ajutorul cărora sa poată preveni pericolul respectiv… Asttel, sistemele cibernetice utilizează în interesul lor această lipsă de discreţie a naturii care caută parcă să dea de veste prin intermediul unor mijloace ondulatorii despre existenţa sau modificarea unor fenomene.

În acest sens trebuie remarcat că după ce A. Einstein a enunţat caracterul dual, de corpuscul şi de undă, al luminii, L. De Broglie a extins, în 1924, această concepţie la întreaga materie. El a arătat că dacă timp de un secol s-a neglijat aspectul corpuscular al luminii, se face o greşeală similară atunci când se neglijează aspectul ondulator în favoarea aspectului corpuscular. După L. De Broglie, dincolo de aparenţe, toate particulele au şi proprietăţi ondulatorii. De aceea undele asociate particulelor elementare au fost denumite unde de Broglie. Lungimea lor de undă este cu atât mai mică cu cât particula respectivă are masa mai mare şi se deplasează cu o viteză mai mare.

Cea mai mare cantitate de informaţie pe care o primeşte omul, adică 90%, îi parvine tocmai pe această cale ondulatorie a luminii. Doar sub 1% din informaţia recepţionată îi parvine prin contact direct, mai mult corpuscular decât ondulator, prin intermediul gustului şi mirosului. Dar şi în acest caz organismul şi-a luat măsurile sale de prevedere. Sesizănrt oYiitpnfa cnhgremţi» lr>r

rreppptive ¥n rantităţi extrem 4e mici.

Dar omul primeşte informaţii nu numai prin intermediul organelor de simţ, ci şi prin intermediul alimentelor, spre exemplu (20). Alimentele, ca şi toate celelalte substanţe, între care intră şi medicamentele, conţin şi transportă o anumită informaţie structurală. Aceasta este determinată de nâodul în care sint distribuiţi în spaţiu atomii din care §înt constituite substanţele respective. Intormaţia pe care o conţine o moleculă poate fi apreciată în funcţie de incertitudinea care ar trebui înlăturată pentru a putea stabili poziţia atomilor în molecula respectivă. Aşa spre exemplu, dacă o celulă, conţine vreo ou de ieluri" de atomi, atunci când sintetizează o moleculă, ea are nevoie de o informaţie de aproximativ H = log260, adică de şase biţi. Deoarece nu toţi cei 60 de feluri de atomi sunt folosiţi cu aceeaşi frecvenţă, şase dintre ei, şi anume carbonul, hidrogenul, oxigenul, azotul, sulful şi fosforul, fiind folosiţi mai des, informaţia necesară alegerii unui atom se reduce

la aproximativ 1,5 biţi. Ureea, care este formată din opt atomi, ar conţine astfel aproximativ 17 biţi. Albumina, care este formată din aproximativ 500 de aminoacizi, ar conţine 2000 de biţi iar fibrinogenul, care este format din 3400 de aminoacizi, ar conţine 13.000 de biţi. Iar întregul organism ar conţine, după H. Quastler (117), aproximativ IO25 biţi. Informaţia pe care o aduce în realitate o moleculăf care intră într-o anumită reacţie chimică, nu este de obicei. Egală ctfcea calculată pe baza probabilităţilor atomilor săi. Informaţia pe care o-aduce o moleculă poate fi studiată şi cu ajutorul teoriei cuantice (178) care arată că de multe ori este mai importantă forma moleculei decât atomii din care ea este formată.

Această formă, sau mai bine zis o parte din ea, poate fi recunoscută de o altă moleculă cu o conformaţie spaţială complementară. Conformaţia complementară este necesară pentru a face posibilă intrarea în funcţiune a unui număr suficient de mare de forţe slabe de tipul forţelor van der Waals, care au o rază foarte mică de

acţiune. Prin conformaţia spaţială pe care o au, toate moleculele organismului conţin o anumită intormaţie structurală cu aiutorul căreia se recunosc între ele: aşa cum substratul este recunoscut de enzima care trebuie să-l metabolizeze, hormonul este recunoscut de receptorul asupra căruia trebuie să acţioneze, iar antigenul este recunoscut de anticorpul care trebuie să-l neutralizeze. Făcând posibilă recunoaşterea fiecărei molecule de către celelalte molecule cu care trebuie să intre în reacţie, informaţia structurală reprezintă un adevărat program de prelucrare cu ajutorul căruia se autoreglează reacţiile biochimice care, cel puţin datorită numărului lor foarte mare, nici nu ar putea fi reglate alt fel (143).

Există deci foarte multe feluri de informaţie. V. Săhleanu (172) arată că există o informaţie cognitivă, cu care lucrează conştiinţa noastră, o informaţie fizică, generată de fenomenele fizice, o informaţie chimică generată de structura chimică a moleculei, o informaţie liberă, una legată, alta

latentă, genetică, antigenică etc.

V. Stancovici (180) vorbeşte de informaţia de adaptare, necesară tuturor animalelor pentru a se putea adapta la situaţia prezentă, de o informaţie ştiinţifică care face posibilă adaptarea la situaţiile viitoare, şi de o informaţie fundamentală legată de esenţe, adică de spaţiu şi de timp.

Fiecare dintre definiţiile date şi fiecare din împărţirile la care a fost supusă priveşte însă informaţia doar dintr-un anumit punct de vedere. Teoria informaţiei nu o priveşte, după cum arată Barr-Hillel (11), decât din punctul de vedere al apariţiei şi al transmiterii semnalelor, dar nu şi din punctul de vedere al conţinutului lor, fapt care’s face necesară şi o teorie semantică! a informaţiei. Atunci când vorbim despre măsura informaţiei, despre cantitatea de informaţie sau despre conţinutul informaţional al unui mesaj, avem în vedere doar frecvenţa relativă a semnalelor respective. Dar evenimentul transmiterii semnalelor respective şi evenimentul exprimat de aceste semnale sunt două evenimente

total diferite. De aceea Barr-Hillel susţine că semnificaţia informaţiei nu are nimic comun cu comunicarea ei.

Dacă intrăm însă în intimitatea fenomenului, adică a mecanismului prin care se acordă semnificaţia, constatăm că transmiterea şi semnificaţia, chiar dacă nu se suprapun niciodată, nu sunt totuşi două fenomene absolut independente. Noi am arătat că dacă informaţia, prin semnificaţia ei, trebuie să înlăture o incertitudine privind modul în care ar putea fi folosite substanţa şi energia de care dispune destinatarul, ea va putea avea tot atât de multe semnificaţii pe cât de multe ar putea fi modurile de folosire a substanţei şi energiei de care dispune destinatarul respectiv (123). Semnificaţia pe care o poate acorda destinatarul depinde deci de repertoriul său de funcţii. Cu cât dispune de un repertoriu mai larg, cu atât va putea acorda mai multe semnificaţii. Pentru a putea acorda însă o anumită semnificaţie din acel repertoriu de funcţii, informaţia va trebui să ajungă într-un anumit fel la

acea adresă a repertoriului. De aceea semnificaţia nu mai poate fi complet despărţită de comunicaţie pentru că ea se stabileşte prin intermediul comunicaţiei dintre obiectul semnificat şi organul semnificant. Este evident că dacă doi destinatari, foarte asemănători din alte puncte de vedere, au repertorii diferite, sau dacă din anumite motive informaţia nu poate fi condusă spre aceeaşi adresă, ei vor acorda aceleiaşi informaţii semnificaţii foarte diferite. Schematic, lucrurile se petrec ca şi când destinatarul ar fi format din mai mulţi destinatari, numărul lor fiind egal cu numărul adreselor din repertoriul său care ar putea acorda diferite semnificaţii sau, şi mai clar, care pot reacţiona diferit la aceeaşi informaţie. Dacă am încerca să aplicăm şi aici teoria probabilităţilor, am constata că în timp ce informaţia depinde de probabilitatea de producere a diferitelor evenimente posibile, semnificaţia depinde de probabilitatea sistemului semnificant ce conduce informaţia respectivă spre diferitele sale adrese (fig. 7). Semnificaţia este proprie

sistemelor complexe şi hipercomplexe. În orice caz, nu se poate vorbi despre nivelul semantic al unui sistem care are o singură adresă şi un singur mod de a reacţiona. El va reacţiona la fel chiar şi la informaţii diferite.

Prin prelucrarea informaţiilor, sistemele cibernetice caută să se ridâce deasupra nivelului substanţiaFene etacTTaţă de care câştigă o anumită independenţă. Iar prin acordarea semnificaţiilor, ele caută să se ridice chiar şi deasupra nive-

Fig. 7. Semnificaţia informaţiei depinde nu numai de particularităţile sale obiective, ci şi de capacitatea destinatarului de a reacţiona Sn mod specific la diferitele semnale pe care le primeşte. Cu cât va avea un repertoriu mai mare de reacţii specifice *D**D*%... I>», cu atât va putea acorda semnificaţii mai nuanţate semnalelor pe care le primeşte.

Lului informaţional, interpretând informaţia în funcţie de programul lor de funcţionare.

C. Bălăceanu şi Ed. Nicolau deosebesc nivelul substanţial şi energetic, care se referă la sistemul de comunicaţie, de nivelul informaţional care se referă la legile de distribuire a semnalelor şi de nivelul semantic care se referă la conţinutul semnalelor respective (14).

Sistemul semantic dispune de nişte receptori care, explorând universul perceptual, realizează un model al acestui univers, model care va fi apoi raportat mereu, cu ajutorul unui dispozitiv de gândire, pe baza unui sistem logistic, la un sistem de clasificare care se nuanţează şi se amplifică neîncetat pentru a putea aproxima cât mai bine universul respectiv (12).

Dispunând de cel mai bun dispozitiv de gândire, de cel mai bun sistem logistic şi de cel mai amplu şi mai nuanţat sistem de clasificare, omul este, după cum remarcă H. Wald (193), fiinţa semnificat oare prin excelenţă.

Fiind expresia neuniforalităţii şi a diversităţii,

informaţia nu poate fi epuizată niciodată. Despre ea s-au spus şi se vor mai spune foarte multe lucruri, tocmai pentru că fiind expresia diversităţii pe care, de multe ori, aşa cum se întâmplă în cazul informaţiei genetice, o şi precede, ea nu poate fi încorsetată în limitele rigide ale unei definiţii sau ale unei clasificării

„Dacă avem în vedere că în conformitate cu legea conservării materiei, substanţa nu se poate crea din nimic şi nu poate dispărea şi că în conformitate cu primul principiu al termodinamicii nici energia nu se poate crea din nimic şi nu poate dispărea, atunci trebuie să ajungem la concluzia că ceea ce se creează şi ceea ce se pierde este informaţia. Chiar dacă substanţa şi energia rămân absolut aceleaşi, prin redistribuirea lor în spaţiu şi timp se poate crea şi se poate distfpgg o anumită informaţie. Distrugerea informaţiei nu înseamnă însă distrugerea substanţei sau energiei, ci doar redistribuirea lor, deoarece informaţia are alte legi de transformare şi conservare (163). Un sistem nu poate oferi altui sistem o anumită

cantitate de substanţă sau de energie fără ca el să nu o piardă. Dar el poate oferi altul sistem o anumită cantitate lie Informaţie fără ca să o piardă. Un om care emite o informaţie nu pierde nimic din informaţia pe care o avea. Tot aşa un film sau o bandă de magnetofon pot fi rulate la infinit fără a pierde informaţia pe care o conţin, dacă substanţa din care sunt formate ar permite acest lucru. Ceea ce pierde de obicei sistemul când emite o informaţie este tot o anumită cantitate de substanţă şi de energie. Fiind partea cea mai comunicabilă a realităţii, informaţia pe care o posedă sistemul este trecută de pe substanţa care o conservă pe o altă substanţă capabilă să o transporte până la sistemul care o recepţionează. Tocmai pentru că fiind partea cea mai comunicabilă a realităţii ea poate fi trecută de pe o moleculă pe o fotografie sau de pe o carte pe un disc iar de pe disc pe o bandă de magnetofon, putem deosebi informaţia de substanţa şi de energia care o conţin şi o transportă. Informaţia este tocmai ceea ce se transmite de p. E un suport

pe altul. De aceea când transmitem o informaţie nu ale iiiUJortănţă suportul materiat Tetecât în măsura în care el trebuie structurat într-un anumit fel pentru a j>u tea fi recepţionat se sistemui care o primeşte.

Faptul că cu ajutorul unor structuri foarte diferite se pot transmite informaţii asemănătoare oferă posibilitatea de a înlocui după necesităţi suporturile materiale. Aşa spre exemplu, informaţia structurală pe care o aduce adrenalina pentru receptorii adrenergici de pe xnembranaunor celule poate’ Ti transmisă şi cu alte molecule, rum este metaraminolul. Iar descoperirea receptorilor asupra cărora acţionează morfina a dus la descoperirea endorfinelor secretate de către sistemul nervos pentru a acţiona în mod natural asupra acestor receptori (39). Toate medicamentele pe care le administrăm au şi o valoare informaţională. Unele se substituie unor informaţii endogene. Altele acţionează asupra moleculelor care transmit informaţia endogenă. Iar altele, aşa cum sunt

betablocantele, foarte mult folosite în tratamentul cardiopatiei ischemice şi al hipertensiunii arteriale, blochează receptorii asupra cărora ar trebui să acţioneze informaţia endogenă.

Fiind expresia ordinii şi a organizării, sau mai bine zis a noutăţii pe care o dezordine o poate aduce, informaţia este o parte extrem de importantă a lumii aflată într-o continuă mişcare şi transformare. În spatele numeroaselor frumuseţi ale acestei lumi se ascunde de fapt informaţia, iar în spatele emoţiilor şi sentimentelor noastre se află semnificaţia pe care noi i-o acordăm.

Afanjând într-un anumit fel substanţa şi energia, conţinute în materia primă pe care a prelucrat-o, Brfncuşi a creat prin operele sale, care ne transmit o elevată informaţie artistică, o anumită ordine şi organizare capabile să determine nişte sentimente infinit mai înalte decât cele pe care ar putea să le determine substanţa şi energia conţinute în piatra brută din care au fost create. /

Crearea unei opere de artă, ca şi crearea

unui organism, carereprezintă o operă a naturii, nu înseamnă crearea de substanţă şi de energie, ci doar organizarea într-un anumit fel a substanţei şi. energiei care existau, ceea ce înseamnă de fapt crearea de informaţie. Şi tot aşa, distrugereaunei opere de artă sau dispariţia unui organism nu înseamnă dispariţia substanţei sau energiei din care au fost create, care reintră în circuitul naturii, ci dispariţia informaţiei pe care prin ordinea şi organizarea lor o conţineau. Iar ele pot rămâne în amintirea noastră, nu prin substanţa şi energia, ci tot prin informaţia pe care ne-o lasă, sau cu care noi rămânem despre existenţa lor.

UNIVERSALITATEA INFORMAŢIEI

Se vorbeşte de multe ori despre universul informaţional (172,182). Dar aceasta nu este decât o figură de stil din moment ce informaţia este indisolubil legată de substanţa y rte ffnftrgia rari» n gănftrează şi o transportă «tidin mnmpnt ce substanţa şi energia în mişcarea lor continuă nu pot să nu genereze şi să nu transporte o mare cantitate de informaţie. Dată fiind această

legătură reciprocă, se poate vorbi însă de o universalitate a informaţiei, deoarece pretutindeni unde există substanţă şi energie trebuie să existe şi informaţie.

Deşi unii autori o antropologizează prea mult, legând-o prea mult de om şi de cunoaşterea sa, informaţia există independent de existenţa omului. Informaţia sa genetică există, spre exemplu, chiar înainte de apariţia lui. Informaţia este o realitate obiectivă tot atât de răspândiţă ca şi substanţa şi energia, deoarece nu pot exista substanţe şi energii absolut neiniormaţionale. Pretutindeni unde există eletrebuie să aibă o anumită distribuţie în spaţiu şi timp, care prin neuniformitatea ei generează mereu informaţie. Acest lucru se întâmplă la toate nivelele de organizare ale materiei, de la nivelul cuantic, atomic, molecular, macromolecular, celular, organic, organismic, populaţional şi social şi până la nivelul cosmic şi astral. Peste tot, la toate nivelele, substanţa şi energia generează şi „transânit informaţie. Peste tot există, după cum

remarcă Ed. Nicolau (96), semnale. Lumea este plină de semnaler care se transmit de la un capăt la altul al universului?” independent de existenţa omului

La nivel cuantic, spre exemplu, fotonul este purtător de informaţie. Transmiţând lumina cu uluitoarea viteză de 300.000 km pe secundă, el informează aproape instantaneu toate sistemele din univers despre fenomenul care s-a produs, sau mai exact care l-a produs.

La nivel molecular şi macromolecular. Substanţele conţin şi transmit o anumită informaţie structurală care intervine, sau mai bine zis reglează, reacţiile biochimice. Această informaţie structurala are un rol atât de important, încât unii biochimişti afirmă că ea este aceea care a făcut pasul de la chimie la biochimie (172). Iar informaţia cuprinsă în molecula acizilor nucleici este purtătoarea intormaţiei gene ţice. La toate animalele macromolecula acizilor nucleici este formată din aceleaşi substanţe: un zahăr (riboză sau dezoxiriboză), două baze purinice

(adenina şi guanina) şi trei baze pirimidinice (citozina, timina şi uracilul). După modul în care sunt distribuite în spaţiu de-a lungul filamentului, care la om atinge lungimea de aproape doi metri (55), bazele purinice şi pirimidinice vor transmite o anumită informaţie viitorului organism. Din multiplele forme şi culori posibile, acesta va avea o anumită formă şi o anumită culoare. Va fi scund sau înalt, blond sau brunet, mai frumos sau mai urât. Viitorul organism va folosi substanţa şi energia pe care le va lua din mediul înconjurător conform informaţiei sale genetice. Iar dacă celula reuşeşte să fie un laborator capabil să sintetizeze aproximativ 1400 de molecule pe secundă

(62), acest lucru se datoreşte nu numai energiei furnizate de cele 2.500.000 de mol de ATP, care reprezintă furnizorul direct de energie necesară pentru desfăşurarea reacţiilor endergonice, ci şi marii cantităţi de informaţie structurală cuprinsă în acizii nucleici, în moleculele de enzime şi altele. Moleculele pe care le sintetizează celula conţin şi ele apoi mare

cantitate de informatig ştfuctur & la. Proteinele, spre exemplu, tocmai 3atorită informaţiei structurale pe care o conţin, pot îndeplini şi rolul de enzime. Ele se unesc, datorită unor suprafeţe complementare, cu substratul asupra căruia trebuie să acţioneze. Unele substanţe, cum ar fi hormonii, sunt secretate în afara celulei pentru a influenţa activitatea altor celule. Şi tocmai pentru rolul pe care îl au, prin influenţele pe care le exercită, asupra mecanismelor de reglare, R. Guillemin (49) a denumit neurohormonii secretaţi de hipotalamus drept cibemine.

Există deci un schimb permanent de informaţii între diferitele otganite ale celulei şi între diferitele celule ale organismului, schimb liră. De care organismul nici nu” ar puteaexista.

Dacă la nivelul cuantic, atomic şi molecular informaţia există, dar fenomenele fiind mai strict determinate, ea nu poate acţiona, la nivel macromolecular, celular, tisular, organic, organismic, populaţional şi social, unde libertatea fenomenelor este din ce în ce mai mare, ea trece

pe primul plan. Tocmai de aceea organismul este şi un foarte complicat sistem „Ţie comunicaţii (145). Nu există moleculă din organism care să nu exercite, pe lângă rolul ei substanţial, sau mai bine zis odată cu acesta, şi un anumit rol informaţional. INu există celulă din organism care să nu conţină o mulţime Ide sisteme de comunicaţie necesare transmiterii informaţiei genetice şi sintezei proteinelor. Şi nu există, celulă din organism care să nu Iacă parte dintr-un sistem de comunicaţie supraordonat, necesar transmiterii informaţiilor culese de către organele de simţ, sau care să nu secrete, să nu transmită sau să nu primească anumiţi mesageri chimici.

Fiinţa umană nu poate fi concepută în afara comunicaţiei. E. Pamfil (105) arată că dialogul reprezintă condiţia liminară a conştiinţei şi a psihicului uman. De aceea omul primeşte şi emite mereu informaţii în mediul înconjurător. Aceasta face ca esenţa omului să nu constea în aspectul său corporal, ci, dincolo de aparenţe, în capacitatea sa de a prelucra informaţii (97).

La nivelul social schimbul de informaţii devine atât de intens şi de important, încât nu numai că au apărut şi s-au dezvoltat extrem de mult mijloacele de comunicaţie, cum ar fi cartea, radioul, telefonul şi televizorul, dar a apărut chiar o industrie a informaţiilor, aşa cum este industria tipografică în plină dezvoltare.

În diferite etapeale evoluţiei, societatea a folosit cu preponderenţă anumite mijloace de comunicaţie. Făcând un studiu critic al mijloacelor de comunicaţie, Me Luhan (77) subliniază nu numai importanţa informaţiilor, ci şi a mijloacelor prin care ele se transmit. Folosirea cu predominenţă a unor mijloace, cum ar fi cartea, poate hipertrofia anumite simţuri în defavoarea altora, având deci influenţe profunde asupra fiinţei umane.

Dezvoltarea mijloacelor de comunicaţie a dus la mai rapida răspândire a informaţiilor. Ea a lărgit considerabil ana de comunicaţie a indivizilor, contribuind la răspândirea şi accelerarea progresului tehnico-ştiinţific.

Dezvoltarea mijloacelor de comunicaţie a lărgit atât de mult sfera de culegere a informaţiilor, încât omul este astăzi capabil să recepţioneze, cu ajutorul unor radiotelescoape, informaţii de la fantastica distanţă de şase miliarde de ani lumină, care ne desparte de galaxia Boarului (169).

Chiar dacă universul este în expansiune, chiar dacă plecând de la acea mare explozie, de la acel big-bang a lui G. Gamow, unele galaxii se îndepărtează de noi cu o viteză mai mare decât viteza luminii, adică cu o viteză mai mare decât viteza maximă cu care am putea primi informaţii, aceasta nu înseamnă că acolo nu există informaţie. Chiar dacă nu va putea ajunge niciodată până la noi, ea există însă şi acolo. Întregul univers, de la microşi până la macrocosmos, este deci nu numai substanţial şi energetic, ci şi informaţional. Informaţia este universală. Ea este o realitate obiectivă. Ea este un mod de existenţă al materiei Ea există pretutirideni, chiar şi acolo unae nu are mea cme să o sesizeze.

CÂMPUL INFORMAŢIONAL

După ce este generată de neuniformitatea substanţei şi energiei în spaţiu şi timp, informaţia se transmite apoi în mediul înconjurător. Prin diferite mijloace, cum ar fi undele de lumină, undele radio şi undele acustice, ea reuşeşte să aiungâli. de la emiţător la receptor. Iar dată fiind universalitatea informaţiei, ajungem la concluzia că există o mulţime, dacă nu chiar o infinitate de surse şi de receptori. Orice mişcare, orice modificare, orice transformate a substanţei şi energiei poate reprezenta o sursă de informaţie. Împiăşlllnd în jur cantităţi Ioane mici de substanţă şi de energie, cum sunt fotonii, modificările respective înştiinţează lumea din jur despre producerea lor. Desigur că nu orice punct pe care cade această infimă cantitate de substanţă şi de energie reprezintă şi un receptor. Pentru a fi receptor, acel punct trebuie să fie influenţat într-un fel oarecare de această infimă cantitate de materie şi de energie. Multe animale dispun de organe de simt care pot fi influenţate într-un

anumit fel de undele de lumină. Undele radio pot „produce de asemenea anumite modificări în aparatul de radio-recepţie. Numai sistemul care poate fi influenţat într-un fel oarecare de semnalele emise de sursă poate deveni fecgptor. Astfel. Între sistemul de emisie şi sistemul de recepţie, care ar putea fi considerate ca două puncte ale unui spaţiu, se stabileşte o anumită legătură. Receptorul nu mai este indiferent de starea emiţătorului. Şi pentru că spaţiul ale cărui puncte nu sunt absoluţ jnefependente Hevine un câmp. Spaţiul în care se atla surseâe de emisiejji sm gleTÂp rerppţie devine, de fapt, un câmpli finaţâdhaâfHO).

Punctele de emisie ale spaţiului informaţional pot influenţa punctele de recepţie. De multe ori, punctele de emisie emit informaţii tocmai pentru a influenţa starea punctelor care le recepţionează. Iar acestea recepţionează informaţia tocmai pentru a se putea adapta la modificările intervenite în starea punctelor de emisie. Sistemele care recepţionează informaţiile din

câmpul informaţional îşi pot modifica uneori în aşa fel starea lor internă, încât să se poată opune perturbaţiilor pe care modificările ce au generat informaţiile respective le-ar putea produce. Spre deosebire deci de toate celelalte câmpuri, cum ar fi câmpul gravitaţional sau cel electromagnetic, în care punctul *A* influenţează în aşa fel punctul *B* încât îl aduce într-o stare de dependenţă, în câmpul informaţional punctul *A* pypreită asupra prinrtnlui fi. O.

Influenţă care ir-ajută să evite influenţele ulterioare pe care acesta le-ar putea avea asupra sa. Un far, spre exemplu, produce anumite influenţe asupra ochiului. Dar prin aceste influenţe reversibile, sistemul cibernetic al organismului uman reuşeşte să evite o influenţă mai mare şi ireversibilă, cum ar fi o ciocnireţâln legătura intormaţionăăă câr «T se stabileşte între două puncte cel puţin unul dintre ele are tendinţa de a se sustrage, cu ajutorul informaţiilor pe care le primeşte, de sub influenţele entropice, de natură substanţial-energetică, pe care le-ar putea

exercita punctul de emisie. Punctul capabil să realizeze acest lucru câştigă o mare independenţă faţă de mediul în care se află.

La această independenţă se ajunge datorită faptului că spre deosebire de legăturile substanţial-energetice, legătura informaţională nu supune destinatarul unor influenţe pasive. La primirea unei informaţii destinatarul se reorganizează activ, folosind propria lui energie. Energia pe care o aduc semnalele nu este necesară decât pentru a determina trecerea elementelor instabile, aşa cum „este rodopsina, de la nivelul receptorilor periferici, dintr-o stare în alta. Restul modificărilor care au loc în destinatar se produc pe propria lui cheltuială de energie. Astfel, destinatarul se sustrage de sub influenţele substanţial-energetice ali sursei de emisie. Dar pentru a nu fi supus în prea mare măsură nici influenţelor informaţionale ale sursei, modificările sale interne vor depinde nu atât de informaţia primită, cât de programul său de funcţionare (fig. 8). În felul acesta apare o cauzalitate

informaţională (54,161), în care efectul nu depinde atât de cauza care l-a produs, cât de pro? gâamul de funcţionare al sistemului asupra căruia acţioneazi: Cauzalitatea informaţională este răspunzătoare de

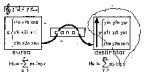


Fig. S. Reprezentarea schematică a legăturii informaţionale în care destinatarul nu este atât de supus influenţelor sursei ca în legăturile substanţial-energetice, deoarece 1 r#>nrya. Ni? *» a.7a. Rn propria lăi energie (reprezentată pe schemfdesăgeata groasă) şi în funcţie de programul său de funcţionare.

Marea variabilitate comportamentală a sistemelor biologice, pe care J. Monod le-a denumit obiecte cu program (90).

O cauză foarte mică, adică o cantitate foarte mică de substanţă şi de energie, poate determină o reacţie foarte importantă, deoarece ea nu

depinde de energia adusă de semnale, ci de energia sistemului care o recepţionează. R. H. Wright (198) arată că 30 de molecule de feromon, secretat de femela gândacului de bucătărie american, sunt suficiente pentru a determina deplasarea cu o viteză de *4* cm pe secundă a masculului care cântăreşte două grame. Disproporţia dintre cauză şi efect este în acest caz de 1011, adică de un milion de ori mai mare decât aceea dintre energia bombei cu hidrogen şi a vectorului care o transportă. Or în sistemele biologice se produc foarte multe astfel de amplificări ale efectului, aproape explozive, facilitate de faptul că reacţia receptorului depinde de propria lui energie. De aceea procesul prin care neuronul emite semnalele sale de ieşire a şi fost denumit detonare, deoarece dacă semnalele de intrare depăşesc un anumit prag, atunci neuronul va emite cu propria lui energie nişte semnale de intensitate Vaximă (95).

Punctele câmpului informaţional se mişcă cu o libertate foarte mare şi uneori chiar la

întâmplare. Dacă mişcarea lor nu ar avea niciun grad de libertate, atunci schimbul de informaţii ar deveni inutil, deoarece mişcarea lor ar putea fi dinainte cunoscută. Primirea unei informaţii va. Îndrepta punctele în anumite sensuri, ajutându-le să utilizeze în modul cel mai aaecvat marea înr iiWtatf> He acţiune. Unele puncte vor ti mliuenţate mai mult, altele mai puţin în funcţie de direcţia pe care o au în câmpul informaţional. Iar punctele care din întâmplare se mişcau exact în direcţia sugerată de informaţiile generate de câmpul respectiv nu vor suferi nicio influenţă. Ele se vor mişca în continuare ca şi când nimic nu s-ar fi întâmplat, ca şi când n-ar fi primit nicio informaţie. Aceasta înseamnă că informaţia pe care o primeşte, de fapt, un punct din acest-câmp nu depinde numai de mişcarea punctelor care o generează, ci şi de mişcarea punolelof care o recepţionează.

Dacă facem o secţiune printr-un câmp informaţional în care se produce o experienţă cu numai două rezultate posibile şi reprezentăm

probabilităţile lor pe un sistem de coordonate, constatăm că pe baza probabilităţilor putem deduce sensul de desfăşurare al experienţei (fig. 9). În câmpul informaţional se pot afla desigur şi alte sisteme care, conform programului lor de funcţionare, se vor deplasa şi ele în anumite sensuri. Dacă sensurile lor de desfăşurare se vor suprapune peste sensul de desfăşurare al experienţei, atunci toate se îndreaptă spre acelaşi rezultat. Iar rezultatul experienţei nu le mai aduce nicio informaţie.

Fig. 9. Dacă facem o secţiune printr-un câmp informaţional în care se desfăşoară o experienţă *E* cu numai două rezultate posibile *R*\ şi Ri, constatăm că informaţia pe care ea o poate aduce nu depinde atât de probabilităţile rezultatelor sale, cât de diferenţa dintre sensurile de desfăşurare a experienţei şi a sistemului S care recepţionează informaţiile respective. Cu cât

sensurile lor vor fi mai diferite, tu atât rezultatele experienţei vor aduce o informaţie mai mare.

Desigur că sistemele care se îndreaptă în alte sensuri decât cel al experienţei vor primi o anumită cantitate de informaţie. Dar ea nu va fi egală cu informaţia determinată pe baza probabilităţilor calculate statistic, care ar fi aceeaşi pentru toate sistemele indiferent de sensurile lor de desfăşurare. Ea nu va putea fi egală însă nici cu informaţia calculată pe baza probabilităţilor subiective, deoarece dacă informaţia ar depinde numai de probabilităţile subiective, atunci nu s-ar mai avea deloc în considerare desfăşurarea obiectivă a fenomenelor, care duce de fapt la apariţia probabilităţilor subiective. Factorii motivaţionali şi probabilităţile subiective au totuşi o importanţă foarte mare în determinarea cantităţii de informaţie pe care o primeşte organismul uman, deoarece cu ajutorul lor putem deduce sensurile sale, tendinţele sale de desfăşurare. De aceea noi ani arătat că, fiind egală cu incertitudinea pe care o înlătură, informaţia *H*,

pe care o primeşte omul este egală cu diferenţa dintre informaţia *Ha* calculată pe baza probabilităţilor obiective şi informaţia *Hr* calculată pe baza probabilităţilor subiective, adică *H*, = *H*” – *Hr* (199). Luând de asemenea în considerare probabilităţile subiective, H. Frank (37) arată că informaţia pe care o primeşte omul este:

Unde *wk* reprezintă tocmai probabilităţile subiective. Iar M. Beliş (16), luând în considerare utilitatea, care depinde de programul de funcţionare a sistemului, arată că informaţia pe care o primeşte omul este:

Unde *p* reprezintă probabilităţile obiective de apariţie a semnalelor, iar *u* reprezintă utilitatea lor.

Mulţi autori au deplâns faptul că nu putem

aprecia ce cantitate de informaţie primeşte de fapt un om şi cu atât mai puţin semnificaţia ei (58). Privit însă în câmpul informaţional acest lucru devine mult mai posibil. Este suficient să descoperim sensurile biologice, etice şi afective, precum şi probabilităţile pe care omul le acordă diferitelor fenomene şi să le comparăm cu sensurile reale de desfăşurare a fenomenelor, pentru a putea aprecia, chiar dacă nu cu prea mare exactitate, informaţia pe care o primeşte un om.

INFORMAŢIA GENETICĂ

Fiind nişte sisteme a căror ordine, deşi nu este cu desăvârşire exclusă, nu poate apărea şi nu se poate menţine totuşi în mod spontan, sistemele vii nu pot apărea şi nu pot trăi în afara unui câmp informaţional.

Pentru că ordinea sistemelor vii nu poate ap5r°° spontan, pentru că ea nu este impusă de condiţiile de mediu aşg cum este impusă ordinea dintr-un cristal, care apare în mod spontan şi obligatoriu în anumite condiţiile mediu, pentru ea

ordinea sistemelor vii nu este decât o anumită ordine din numeroasele ordini posibile, pentru apariţia vieţii este nevoie încă de la început de o anumită informaţie, tocmai de aceea numită genetică.

Toate sistemele vii sunt constituite din aproximativ aceleaşi materii prime. Ele folosesc mai ales 16 din cele peste 100 de elemente chimice cunoscute astăzi, şi anume: carbonul, hidrogenul, oxigenul, azotul, sulful, fosforul, sodiul, potasiul, magneziul, calciul, clorul, fierul, manganul, cobaltul, cuprul şi zincul. Şase din cele 16 elemente, şi anume: carbonul, hidrogenul, azotul, oxigenul, fosforul şi sulful, formează peste 99% din materia vie, reprezentând deci elementele sale fundamentale.

Cu excepţia hidrogenului, aceste elemente fundamentale au proprietatea de a forma legături multiple. Datorită acestei proprietăţi, ele pot îmbina stabilitatea „cu mobilitatea caracteristică sistemelor vii. Mai ales fosforul şi sulfal. Având această proprietate, vor fi prezente în toate

reacţiile de schimb caracteristice sistemelor vii.

Pusă într-o soluţie conţinând glucoză şi câţiva ioni anorganici, cum ar fi NH4C1, Mgă04, KH2P04 şi Na? HPOe, minuscula bacterie de *Escherichia coli*, cu o lungime de numai doi microni, este capabilă să sintetizeze circa 6000

De feluri de molecule diferite. Pornind de la glucoza şi de la cei câţiva ioni anorganici, care îi oferă substanţa şi energia necesare, ea este în stare să sintetizeze singură cei 20 de aminoacizi, prin aşezarea cărora în diferite feluri poate produce vreo 3000 de proteine diferite.

Cei 20 de aminoacizi şi cele 3000 de feluri de proteine nu apar însă în mod spontan şi obligatoriu. Pentru apariţia lor sunt necesare o serie întreagă de reacţii chimice în care materia primă oferită de mediu să fie transformată în anumite substanţe din numeroasele substanţe posibile.

Pornind de la aceleaşi şase elemente fundamentale, se pot sintetiza peste un miliard de molecule cu greutatea sub 6500. În construcţia lor

sistemele vii nu au ales decât vreo 70 de molecule din cele peste un miliard de molecule posibile. Prin combinarea în diferite feluri a celor 70 de molecule, ele pot obţine însă o mulţime de macromolecule. Plecând însă de la aceiaşi 20 de feluri de aminoacizi, o altă bacterie, cum ar fi bacmil tific spre exemplu, va sintetiza alte proteine de mare specificitate. Deci nu numai numărul de combinaţii micromoleculare, ci şi numărul de combinaţii macromoleculare poate fi foarte mare. Prin aranjarea diferită a 288 de aminoacizi se pot obţine IO300 de variante. Acest număr de variante, sau de izomeri cum li se spune, este atât de mare, încât dacă am aduna câte o singură moleculă din fiecare izomer am obţine un corp cu o greutate de 1G280 grame, faţă de IO27 grame care reprezintă greutatea pământului (179).

Aceasta înseamnă că ordinea din sistemele biologice nu numai că nu este singura ordine posibilă, ci există un număr foarte mare de ordini posibile. În aceleaşi condiţii substanţial energetice

pot exista o mulţime de ordini posibile. Tocmai de aceea pentru a defini o ordine din mulţimea ordinilor posibile, pe lângă substanţă şi energie mai este necesară. Şi o anumită informaţie iniţială, căreia în sistemele vii i se spune informaţie genetică.

Informaţia genetică nu determină producerea unor fenomene imposibile. *TLa*. Nu face altceva decât să aleăga şi să imprime fenomenelor un anumit mod de desfăşurare, din numeroasele moduri de desfăşurare posibile. Ea trebuie să indice în cele din urmă modul în care trebuie folosite substanţa şi energia pe care sistemele biologice le-iau din mediul ihconjurator. Pentru a. Se putea lâiunge lăâo anumită ordine. Desigur că dacă substanţa şi energia, pe care sistemele biologice – în calitatea lor de sisteme disipative – le iau din mediul înconjurător, nu ar putea fi folosite decât într-un singur fel, care să conducă la o singură ordine posibilă, informaţia genetică ar fi inutilă. Cum însă ordinea sistemelor vii nu numai că nu este impusă din afară, dar nu este singura

ordine posibilă, informaţia genetică este absolut necesară.

În sistemele vii informaţia este cu atât mai necesară cu cât ele îmbină într-un mod armonios şx foarte eficace stabilitatea cu mobilitatea. Pentru & butea realiza acest lucru sistemele vii au apelat (pe lângă legăturile covalente foarte puternice care punând în funcţiune energii de 100 – 200 keal/mol, leagă atomii în poziţii foarte rigide, care nu pot fi schimbate fără a modifica substanţa respectivă) şi la legăturile slabe, de tipul legăturilor de hidrogen şi a legăturilor van der Waals, care punând în funcţiune energii de numai 2 – 8 keal/mol, le oferă atomilor şi moleculelor o mult mai mare libertate de mişcare (63).

Atunci când are nevoie de o stabilitate mai mare, aşa cum se întâmplă în cazul micromoleculelor, pe care le foloseşte apoi drept cărămizi în construirea edificiului vieţii, sistemele vii apelează la legăturile covalente, puternice şi stabile. De aceea în construcţia aminoacizilor,

care reprezintă nişte astfel de cărămizi, se folosesc legăturile covalente. Aminoacizii sunt caracterizaţi de faptul că au atât o grupare terminală acidă, reprezentată de COOH, cât şi o grupare terminală bazică, reprezentată de NH2. De aceea un aminoacid poate fi scris într-o formă simplificată:

Prin înlocuirea restului R cu un hidrogen se obţine cel mai simplu aminoacid, glicina. Prin înlocuirea restului R

Tului R cu

Cu

Se obţine fenilalanina. Prin înlocuirea res se

obţine tirozina şi aşa mai departe. Toţi aminoacizii au pe lângă gruparea acidă şi o grupare t>aiică reprezentata de iN H,. Kvitând o ordine precisă şi rigidă, care presupune mai mult o reglare din afară decât o autoreglare cu ajutorul unor mecanisme proprii, viaţă a ales şi în acest caz o stare intermediară şi ambiguă. Acest carar. Ter amfoter le oferă aminoacizilor posibilitatea de a se lega între ei. Legătura dintre gruparea acidă COOH a unui aminoacid şi gruparea bazică NH2 a altui aminoacid este o legătură covalentă şi se numeşte legătură peptidică, care se notează cu CO-NH. Prin legarea aminoacizilor între ei se pot obţine lanţuri foarte lungi, care pot cuprinde uneori peste un milion de aminoacizi. Aceste lanţuri de Aminoacizi se vor deosebi însă nu numai prin numărul deaminoacizi pe care îi înglobează, ci şi prin locul, adică prinsecvenţa lor în molecula de proteină. Acelaşi număr de aminoacizi pot fi aranjaţi în moduri foarte diferite şi să dea naştere la molecule foarte diferite. Tocmai în posibiJitatea aminoacizilor de a fi aranjaţi în diferite feluri

constă ţjBertatea şi chiar necesiratea fiecărui sistem biologic de 4 Şi alege din mulţimea secvenţelor posibile secvenţeleşale proprii. Această alegere nu necesită, un plus de substanţa sau de energie, ci doar un plus de informaţie, care să specifice cum trebuie înşiruiţi cei 20 de feluri de aminoacizi. De aceea pentru a putea sintetiza o moleculă proteică, sistemul biologic trebuie să dispună – pe lângă aminoacizii necesari şi energia necesară formării Iegăturitor-pepti3ic6 – şi de o informaţie care să-i indice modul în-câre trebuie să „se succeadă aminoacizii în molecula respectivă.

Această informaţie, necesară sintezei proteinelor, nu o poate primi însă de la o altă proteină, deoarece, după cum arată J. D. Watson (195), grupările laterale ale aminoacizilor nu au afinitate între ele. Aminoacizii nu pot forma între ei acele legături slabe necesare în cazul unei matriţe, deoarece grupările lor nu numai că nu se atrag, ci chiar se resping.

Matriţa care transmite informaţia genetică

trebuie să fie însă tot o macromoleculă şi să aibă o mărime asemănătoare cu a proteinei căreia îi dă naştere. Apoi această macromoleculă trebuie să poată forma legături slabe cu aminoacizii respectivi, pentru ca molecula sintetizată să se poată detaşa de pe molecula care o sintetizează.

În afara macromoleculelor proteice care nu pot însă reprezenta matriţa propriei lor sinteze, sistemele vii mai conţin şi alte macromolecule, aşa cum sunt acizii nucleici, care reprezintă 5% din substanţa uscată a organismului.

Constatând că un acid nucleic, şi anume. Acidul dezoxiribonucleic, care se notează de obicei ADN, poate schimba caracterele ereditare ale pneumococului, D. T. Avery a descoperit în 1944 că macromolecula de ADN este purtătoare a informaţiei ereditare". 1

Pentru a putea reprezenta matriţa sintezei proteinelor, între elementele componente ale moleculei de ADN şi succesiunea aminoacizilor din molecula proteică ar trebui să se stabilească o anumită corespondenţă. Macromolecula de ADN

este formată dintr-o înşiruire a patru feluri de molecule, denumite dezoxinucleotide, şi anume: dezoxiadenilat, dezoxiguanilat, dezoxitimidilat şi dezoxicitidilat. Aceste dezoxinucleotide sunt formate la rândul lor dintr-o moleculă de dezoxiriboză, care este un zahăr, dintr-o grupare fosforică şi dintr-o bază azotată, purinică (adenina, guanina) sau pirimidinică (timină, citozină). Deoarece dezoxiriboza şi gruparea fosforică sunt aceleaşi la toate dezoxinucleotidele, acestea nu se vor deosebi decât prin baza azotată pe care o conţin (fig. 10). Dezoxinucleotidele se leagă apoi între ele, prin gruparea fosforică a unui nucleotid cu gruparea hidroxilică a altui nucleotid, dând naştere la agregate liniare care nu diferă decât prin secvenţa bazelor azotate pe care le conţin. Tocmai în această secvenţă diferită a bazelor azotate se află înscrisă informaţia genetică (fig. 11).

Macromolecula de ADN are însă nu numai o formă filamentoasă, ci şi o formă elicoidală, adică ea este răsucită

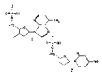


Fig. 10. Formula chimică a unor nucleotide: I acidul adenilic şi II acidul cât idilic, formate dintr-o moleculă de acid fosforic, o moleculă de dezoxiriboză şi o bază azotată (adenina şi respectiv citozina).

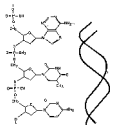


Fig. 11. Prin legarea mai multor nucleotice între ele se poate obţine un filament de acid nucleic. Iar prin unirea cu ajutorul legăturilor slabe a doua filamente complementare se poate obţine o macremeleculă bicatenară de ADN.

În jurul propriului ei ax. Iar răsucirea are un pas de 34 A. Regularitatea elicoidală este asigurată de faptul că ea este formată din două filamente complementare, legate între ele prin

legături de hidrogen, adică prin nişte legături slabe. Ea nu ar putea avea o formă elicoidală regulată dacă nu ar-li tomnată din două filamente complementare, deoarece bazeledin i «ue este fenmală au o sinxeaiuiie neregulată şi” sunt nidrofobe. Prin legarea unei molecule purinice, care are o dimensiune mai mare, cu o moleculă pirimidinică din lanţul complementar, adică a adeninei cu timina şi a guaninei cu citozina, şi apoi prin aşezarea lor una peste alta se asigură o anumită stabilitate moleculei de ADN (fig. 12).

În molecula de ADN nu există însă decât patru feluri de baze azotate care ar putea să specifice, sau mai bine zis

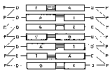


Fig. 12. Bazele azotate (adenina A, timina *T*, guanina *G* şi citozina C) ale unui filament de ADN se leagă prin intermediul unor legături de hidrogen cu bazele azotate complementare ale celuilalt filament şi se aşază unele peste altele

contribuind astfel la stabilitatea moleculei de ADN.

Ar trebui să specifice succesiunea celor 20 de feluri de aminoacizi. De aceea o bază azotată nu va putea specifica un aminoacid. Niciun grup de două baze azotate nu va putea specifica un aminoacid, deoarece combinaţia a patru baze luate câte două nu dă decât 16 variante posibile. Pentru specificarea unui aminoacid ar fi deci necesare grupuri de câte trei baze azotate, deoarece combinaţia a patru baze luate câte trei dă 64 de triplete posibile, * chiar mai mult decât ar fi absolut necesar.

Cu ajutorul polinucleotidelor sintetice, obţinute cu ajutorul polinucleotidfosforilazei, s-au descoperit treptat tripletele care corespund fiecărui aminoacid. Cu ajutorul uracilpolinucleotidului, spre exemplu, care conţine o singură bază azotată, şi anume uracilul (care înlocuieşte timina în molecula unui alt acid nucleic, şi anume în acidul ribonucleic sau AM), un colectiv de cercetători condus de N. W.

Nirenberg a descoperit în 1961 că tripletul UUU codifică aminoacidul fenilalanină. Cu ajutorul copolimerului uracilcitozină s-a descoperit apoi că tripletele UUC ŞI UCE codifică leucina. Şi tot aşa prin cercetări foarte minuţioase s-a descoperit treptat semnificaţia tuturor celor 64 de triplete, descifrându-se astfel codul genetic (fig. 13).

S-a constatat, după cum se vede în cazul leucinei, spre exemplu, că acelaşi aminoacid este codificat de mai multe triplete, ceea ce înseamnă că codul genetic este degenerat.

Succesiunea bazelor azotate în triplete					
Poziţia I	Poziţia II				Poziţia m
	U	C	A	G	
U	Fen	Ser	Tir	Cis	u
	Fen	Ser	Tir	Cis	e
	Leu	Ser	Term	Term	A

	Leu	Ser	Term	Tri	G
e	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Qlun	Arg	A
	Leu	Pro	Qlun	Arq	G
A	Ileu	Tre.	Aspn	Ser	U
	Ileu	Tre	Aspn	Ser	C
	Ileu	Tre	Lis	Arq	A
	Met	Tre	Lis	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gli	U
	Val	Ala	Asp	Gli	C

	V al	Al a	Gl u	Gl i	A
	V al	Al a	Gl u	Gl i	G

Fig. 13. Tabelul codului genetic (după J. Watson). Cu litere mari sunt notate bazele azotate (adenina *A*, citozina C, guanina *G*, uracilul *U*), iar cu litere mici sunt notate amincacizii (alanină-ala, arginină-arg, asparagină aspn, acid aspartic-asp, cisteină-cis, acid glutamic-glu, glutamină-glun, histamină-his, leucină-leu, izoleucină-ileu, lizină-liz, metioninămet, fenilalanină-fen. Prolină-prd, serină-ser, treonină-tre, triptefan-tri, tirozinătir, valină-val). Unele triplete nu specifică niciun amincacid, ci terminarea (term) lanţului de aminoacizi.

Dar pentru că numai anumite triplete codifică un aminoacid, codul genetic este logic degenerat.

Dar deşi ADN-ul îndeplineşte toate condiţiile pentru a reprezenta matriţa după care se sintetizează proteinele, el nu poate îndeplini direct

acest rol, deoarece ADN-ul se află în nucleul celulei (de unde şi denumirea de acid nucleic), iar proteinele se sintetizează în citoplasmă.

De aceea, ADN-ul va trebui să transmită, printr-un proces de transcripţie, informaţia privind succesiunea atrflifoacizilor din molecula de proteinăunei alte molecule care s5 o transporte în citoplasmă. Această moleculă care transmite-miormaţia genetică din nucleu în citoplasmă este tot un acid nucleic, care în loc de dezoxiriboză conţine. Riboză şi de aceea se numeşte acid ribonucleic sau AM. Iar acidul. Ribonucleic care tranQmitp genetiră din nucleu în citoplasmă se lffimeşte AM mesager (AKiNml. Ti „Problema sintezei proteinelor s-a complicat însă atunci când s-a constatat că aminoacizii nu au nicio afinitate faţă de ARNm. Pentru a fi posibilă legarea lor de ARNm este necesar un adaptor, o substanţă intermediară, care să poată lega fiecare din cei 20 de feluri de aminoacizi de ARNm. Această substanţă intermediară care leagă fiecare aminoacid de ARNm este reprezentată tot de nişte

molecule de acid nucleic, denumit acid ribonucleic de transfer (ARNt). ARN-ul de transfer este format din lanţuri de aproximativ 80 de nucleotide, lanţuri care se pliază în formă de trifoi. Pe una din trefle ARNt are anticodonul capabil să citească, adică să recunoască şi să se lege cu codonul, adică cu tripletul de pe ARNm, corespunzător aminoacidului pe care ARNt l-a legat c6valent de coada tripletului său (fig. 14).

ARNm aduce informaţia genetică din nucleu în citoplasmă, său mai exact la ribozomi. Cunoscuţi şi sub numele] g corpusculii lui Palade. După numele celui care i-a descoperit. Kibozomii sunt nişte formaţiuni granulare răspânefrte în citoplasmă sau dispuse de-a lungul reticulului endoplasmatic. Ribozomii se pot înlănţui de-a lungul unei molecule de ARNm, formând poliribozomii. ARNt are rolul 7âe-a aduce aminoacizii corespunzători, în ordinea codonilor de pe molecula de ARNm pentru a putea fi legaţi între ei prin legături covalente polipeptidice, cu ajutorul unei enzime denumite peptidiltransferaza.

Printr-un proces de transcripţie, informaţia genetică trece deci de la ADJ1! la ARNm. Iar printr-un proces de traducere ea trece de la Ale>*m la proteine. Mult timp această circulaţie în sens unic a informaţiei genetice a fost considerată ca unica circulaţie posibilă. H. M. Temin, D. Baltimore şi R. Dulbecco au sfărâmat această dogmă demonstrând că informaţia genetică poate să circule şi de la AM la ADN, în prezenta unei enzime denumite reverstranscriptazăi

Transmiterea informaţiei genetice din nucleu la ribozomi se face cu scopul de a coordona mecanismele de reglare care acţionează asupra materiei prime de care dispune celula, pentru a o organiza Intt-o anumită ordine specifică celulei respective. Dar pentru că celula se autoreglează, ea îşi controlează şi circulaţia informaţiei genetice. Celulele conţin o cantitate foarte mare de informaţie genetică, apreciată

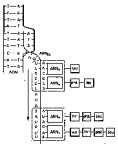


Fig. 14. Reprezentarea schematică a sintezei proteice, prin transmiterea infermaţiei de la ADN la ARNm şi apei la lanţul de aminoacizi, care sunt asamblaţi în proteine la nivelul ribozomilor.

De H. Zemanek la circa un milion de biţi. Deşi nu actualizează decât aproximativ 2% din informaţia pe care o conţin, celulele reuşesc să-şi crească conţinutul informaţional la aproximativ IO12 biţi, deoarece sinteza proteică înseamnă şi creaţie de informaţie structurală. Iar în ţimpul sintezei proteice celulele îşi sporesc cantitatea de informaţie struck turala ctl cel puţin lt/ biţi pe secundă.

Dar după ce omul a descoperit codul genetic şi mecanismele lui de funcţionare s-a declanşat o adevărată aventură a geneticii (75). Deşi J. Monod credea, nu mai departe decât prin 1970, că universul genetic este inaccesibil intervenţiilor

noastre, homo ciberneticus a pus bazele unei inginerii genetice în plină dezvoltare. G. H. Khorana a sintetizat prima genă. Apoi s-au sintetizat genele care controlează producerea angiotensinei, a tirozinei, a somatostazinei şi a insulinei. Iar descoperirea acestor gene are o importanţă deosebită, deoarece pentru izolarea unui miligram de somatostazină, spre exemplu, care este produs în cantităţi infime de sistemele biologice, sunt necesare câteva sute de mii de animale. Prin transferul genei respective, cu ajutorul plasmidelor, în celulele de *Escherichia coli* se pot obţine mult mai uşor cantităţi mult mai mari de somatostazină.

Deşi ingineria genetică presupune şi ea anumite riscuri. Comparaoiie cu cele care există în fizica nucleară, spre exemplu, nomo ciDemeticus va găsi, desigur, resursele tehnice şPmorale pentru a le putea depăşi şi pentru a rezolva pe aceastT-caIe multe boli care astăzi sunt incurabile.-

REGLAREA INTRACELULARĂ

Procesul de sinteză a proteinelor face din celulă un adevărat perpetuum mobile de tip informaţional, capabil să-şi crească negentropia cu cel. Puţin 10e biţi pe secundă. Când a acumulat o anumită cantitate de negentropie, ea se divide, înmulţind cu doi ordinea câştigată şi aşa mai departe, într-un ciclu care se repetă de peste trei miliarde de ani. În acest timp celulă a evoluat. Au apărut organismele pluricelulare. Dar celulă a continuat să rămână unitatea morfofuncţională a vieţii.

1 poate ţesuturile şi toate organele sunt alcătuite din celule. Deşi celulele diferitelor ţesuturi şi organe pot avea forme foarte diferite, celula musculară deosebindu-se, spre exemplu, de celula nervoasă, sau de hematie, care nu are nucleu, unei celule i se pot descrie totuşi trei părţi principale: nucleul citoplasma şi membrana celulară.

Nucleul, ale cărui dimensiuni pot varia între *4* şi 200 de microni, este aşezat de obicei în centrul celulei. Nucleul este alcătuit, la rândul

său, din carioplasmă, unul sau mai mulţi nucleoli, şi o membrană nucleară. Nucleul conţine aproximativ 50 – 80% apă. El mai conţine substanţe organice, dintre care cele mai importante sunt, desigur, acizii nucleici, apoi nişte proteine bazice, cum sunt histonele, care se leagă de ADN, nişte proteine acide, care se leagă mai ales de AM şi bineînţeles un bogat echipament enzimatic care catalizează complicatul proces de duplicare a ADN-ului şi de transcripţie a informaţiei genetice de pe ADN pe ARNm.

Carioplasma este o soluţie de cromatină nucleară. Cromatina este formată din acizi nucleici şi proteine. În timpul diviziunii celulare cromatina se organizează sub formă se cromozormtjCt5mozomii au forma unor bastonaşe, tormăte din două filamente, paralele şi alipite, care se numesc cromatide. Numărul şi forma cromozomilor sunt caracteristice fiecărei specii. Celulele somatice ale omului au 23 de perechi de cromozomi.

Citoplasma, cuprinsă între membrană şi

nucleu, conţine 70% apă, iar restul săruri minerale şi substanţe organice. Din cele peste 100 de elemente, citoplasma conţine 60 de elemente chimice, din care unele se găsesc în cantitate extrem de mică. Dintre substanţele organice, pe lângă glucide şi lipide, ritopla «ana mai conţine şi o mare cantitate de proteine, care au o structură caracteristică-fiecărui organism şi chiar neclarei celule.

Citoplasma celulei este formată dintr-o matrice citoplasmatică reprezentată de substanţa fundamentală, de organitele celulare şi de incluziunile citoplasmatice.

Organitele celulare sunt nişte structuri subcelulare răspândite în substanţa fundamentală şi care îndeplinesc anumite funcţii celulare (fig. 15). Printre cele mai importante organite enumerăm: reticului endoplasmaţic care este un sistem vascular de o mare diversitate şi plasticitate, având rolul de a transporta diferite substanţe şi de a reprezenta un suport pentru ribozomi; mitocondriiie care se găsesc în toate

celulele fiind mai răspândite în celulele care au un metabolism mai activ. Rolul lor este de a asigura oxidarea substanţelor energetice, furnizind astfel energia necesară

Fig. 15. Reprezentarea schematică a unei celule (m-membrana, *p*-por nuclear, mn-membrana nucleară, n-nucleu, îl/-nucleol, cr-cromozomi, rereticul endoplasmaţic, r-ribozomi, tnl-mitocondrie, /-lizozomi).

Reacţiilor metabolice; Jizozomii care asigura cu bagajul lor enzimatic digestia diferitelor substanţe dinăuntrul sau din afara celulei.

La periferia citoplasmei se găseşte o zonă de condensare citoplasmatică, care o delimitează de mediul înconjurător. Zona aceasta de condensare, denumită membrană, este formată mai ales din lipide şi proteine dispuse în trei straturi; unul mijlociu format mai ales din lipide sau mai exact

din fosfolipide şi din alte două straturi formate mai ales din proteine. Membrana celulară are o permeabilitate selectivă. Permeabilitatea faţă de ionii de K este de 100 de ori mai mare decât permeabilitatea faţă de ionii de Na. De aceea, în lichidul intracelular predomină ionul de Na. Diferenţa de concentraţie ionică dintre cele două sectoare, intraşi extracelular, determină apariţia unei diferenţe de potenţial de aproximativ – 90 mv.

Toate organitele celulare conţin proteine care au pe lângă rolui structural şi un rol enzimatic. Proteinele pe care le conţine sunt produse chiar de către celulă, şi în cantitatea necesară. Celula nu fabrică deci toate proteinele în aceeaşi cantitate. Jtia poate să fabrice foarte multe feluri de proteine. Dar nu le fabrică pe toate deodată, ci în funcţie denevoi. \Aceasta înseamnă că pe lângă informaţia genetică ce determincT’structura proteinelor, celula mai dispune şi de mecanismele de reglare care controlează telul şi cantitatea proteinelor rare

trebuie sintetizate. De aceea pe lângă genele structurale, care determină structura particulară a proteinelor, adică-secvenţa aminoaciziloi-în-moleculă, genomul celulei mai dispune, după cum au demonstrat J. Monod şi F. Jacob (55,90,179,195), şi de nişte gene reglatoare şi operatoare. Genele reglatoare sintetizează o proteină, denumită represor, care putându-se lega de anumite porţiuni ale ADN-ului, denumite operatori, poate bloca procesul de transcripţie a informaţiei genetice de pe ADN, sau mai exact de Pe un operon capabil să sintetizeze nişte proteine, cum ar fi enzimele ce intervin în degradarea unui metabolit.

Existenţa ™>prg «; onilui nu este însă suficientă pentru a se regla adecvat sinteza proteinelor. Pentru a putea bloca şi debloca după-necesităţi siule/, a proteinelor enzimatice, spre exemplu, represorul se află sub controlul metabolitului, adică al substanţei pe care enzima respectivă trebuie să o metabolizeze. Inactivând represorul, metabolitul respectiv va determina

creşterea producţiei enzimei care intervine în metabolizarea lui. De aceea metabolitul respectiv poate fi denumit inductor. Produsul final, la care se ajunge prin transformările chimice catalizate de enzima respectivă, va activa represorul blocând deci sinteza în continuare a/ enzimei, a cărei activitate duce la apariţia lui. Prin intermediul acestui *feed-back* negativ care se stabileşte între mesajul genetic şi propriii săi produşi, celula reuşeşte să-şi regleze producţia de proteine în funcţie de nevoi (fig. 16)

Pentru a putea bloca sinteza unei proteine, represorul activat nu se leagă de operonul care o sintetizează, ci de gena operatoare, foarte aproape de locul unde se leagă ARN-polimeraza şi începe transcripţia informaţiei genetice de pe ADN pe ARNm, adică de locul denumit promotor.

Dacă gena operatoare lipseşte, atunci represorul nu va putea bloca niciodată corepresorul respectiv, iar proteina corespunzătoare se va produce în cantitate maximă.

Fiind activat de corepresori şi inactivat de inductori, represorul poate adapta sinteza proteică în funcţie de necesităţile foarte variabile. Iar timpul de latenţă al acestui mecanism este foarte scurt, deoarece ARNm are o viaţă foarte scurtă, de l-2 minute. Aşa încât pusă într-un alt mediu, unde se găseşte un alt metabolit, spre exemplu galactoză în loc de glucoză, celula va putea sista rapid producerea de hexokinază, sau mai exact de hexokinază* de tip IV denumită şi glucokinază, care este necesară metabolizării glu-

I'ig. 16. Reglarea sintezei de proteine şi de enzime *E* se face prin intermediul unei geng reglatoare *Gk*. Aceasta sintetizeăză un represor *K* care inhibă Kena operatoare *GO*, care controlează genele structurale *GS*. Apariţia unui metabolit *M* care poate inhiba activitatea represorului va putea stimula genele operatoare şi prin intermediul lor, genele structurale să sintetizeze proteinele

capabile să acţioneze enzimatic asupra metabolitului *M*.

Fig17. Între substratul S şi enzima capabil & să-l metabolizeze *E*, precum şi între enzima *E* şi produsul final *P* există nişte circuite de *feed-back*. Creşterea substratului stimulează activitatea enzimatică, iar creşterea produsului final inhibă activitatea enzimatică, contribuind astfel la păstrarea unui anumit echilibru.

Cozei şi va produce în continuare beta-galactozidază, necesară metabolizării galactozei.

Acest proces nu este însă singurul mijloc de reglare a sintezei proteinelor, deoarece activitatea enzimelor care intervin în procesele de transcripţie, translaţie şi traducere este influenţată, după cum arată J. D. Watson (195), de către proteinele pe care le produc. Creşterea produsului final inhibă printr-un mecanism de *feed-back* negativ activitatea enzimatică (fig. 17).

În autoreglarea proceselor intracelulare intervin foarte multe mecanisme de *feed-back*. În afara mecanismului de *feed-back* dintre represor şi inductor şi a celui dintre produsul final şi activitatea enzimatică, în celulă mai există foarte multe mecanisme de *feed-back* care participă la autoreglarea proceselor intracelulare. Aşa spre exemplu, proteinele iau naştere din aminoacizi care, la rândul lor, iau naştere prin activitatea enzimatică a proteinelor asupra materiei prime pe care celuia o pruneşteami mediui înconjurător. Astfel proteinele mtervin în producerea moleculelQrtlin care iau naştere. Apoi procesul de replicaţie se face sub influenţa replicazei, care este tot o proteină. Procesul de transcripţie se face sub influenţa transcriptazei, iar procesul de translaţie se face tot sub influenţa unor enzime, care intervin deci, prin numeroase mecanisme de *feed-back*, în reglarea sau mai bine zis în autoreglarea propriilor sinteze (fig. 18).

Pentru sinteza unor produşi biologici cu entropie mică şi negentropie mare, aşa cum sunt

proteinele, este nevoie deci nu numai de un transfer de informaţie de la ADN la ribozomii care sintetizează proteinele, ci şi de un control al acestui transfer. Desigur, însă, că nici transmiterea şi

L în *18*. Mecanismele de *feed-back* intracelular în care enzimele *E* acţionează. Asupra substanţelor din hrană *H*, pe care le transformă în produşi intermediari *PI*, din care vor lua naştere aminoacizii *A A*, precum şi bazele purinice şi pirimidinice *BPPt* care intră în compoziţia acizilor nucleici *ADN* ŞI *AM*. Acţionând asupra sintezei de *AM* şi de *ADN*, precum şi asupra procesului de transcripţie şi translaţie, ele acţionează prin intermediul unor mecanisme de *feed-back* asupra propriei lor sinteze.

Nici controlul transmiterii informaţiei genetice nu s-ar putea face dacă nu ar exista o anumită libertate de mişcare. Dacă moleculele şi

macromoleculele ar fi rigid şi strâns legate între ele, transferul de informaţie ar fi foarte greu, dacă nu chiar imposibil de efectuat. De aceea viaţa nu poate exista decât în mediul lichid în care să fie posibilă o anumită libertate de mişcare şi în prezenţa legăturilor chimice slabe care să permită unirea şi desfacerea moleculelor în cadrul mişcării termice. Pentru a putea da naştere unei noi molecula de ADN, aceasta-Trebuie să se poată desface uşor de pematriţa pe cares-au format. Tot aşa AKMm, pentru" a putea transporta informaţia genetică din nucleu la ribozomi, trebuie să se poată desface de pe ADN-ul care i-a servit ca matriţă şi să ajungă în citoplasmă. Pentru ca cele1 două filamente de ADN să se poată desface, pentru ca ARMm să poată pleca de pe ADN-ul care i-a servit ca matriţă, pentru ca anticodonul ARNt să se poată desface de pe codonul ARNm, sunt necesare legăturile slabe, adică legăturile chimice care să se poată desface uşor la temperaturile obişnuite. De aceea în sistemele biologice, pe lângă legăturile puternice, sunt necesare şi

legăturile slabe. Între nucleotide care formează coloana vertebrală a acizilor nucleici? ca şi lntre amonoacizi care formează coloana vertebrală a proteinelor, se stabilesc legături puternice, covalente, care nu se pot desface în mod spontan. Între adenina unui filament de ADN şi timina filamentului paralel există însă nişte legături mai slabe, legături de hidrogen, care se pot desface foarte uşor. Dar cele l-2 keal pe mol ale legăturii van der Waals depăşesc numai cu puţin energia de O, 6 keal pe mol a mişcării termice de la temperatura de 25°C. Nici celelalte legături slabe, cum ar fi legătura de hidrogen, cu cele 2 – 8 keal pe mol, sau legătura ionică, cu cele 10 keal pe mol, nu vor putea ţine legate două molecule dacă nu intervin într-un număr suficient de mare. De aceea pentru a se putea uni prin intermediul legăturilor slabe, care rin-aiţiuiicază decât p5 distanţe toarte mici, irroleculeie trebuie să aibă o configuraţie spaţială complementară. T orma aceasta complementară reprezintă luOTTai informaţia structurală a moleculei, care reuşeşte

să-şi aleagă astfel molecula cu care trebuie să reacţioneze, te informaţia structurală a ADN-ului se mulează, sau mai bme-zis se formează TU legăturilor slabe, molecula de AKNm] care copiază astfel informaţia structurală a ADN-ului respectiv, pe „care apoi îl părăseşte. Pe codonul ARNm se mulează apoi anticodonul ARNt respectiv. Astfel ia naştere în cele din urmă o moleculă de proteină, care având şi ea o informaţie structurală poate stabili şi ea nişte legături slabe cu o altă moleculă, pe care o va putea recunoaşte şi alege din mulţimea tuturor celorlalte molecule, aşa cum face de fapt fiecare enzimă. Dacă ceva îi va schimba forma, ea nu va mai putea stabili legături slabe cu molecula respectivă pentru a forma complexul substrat-enzimă. De obicei, chiar produsul final al reacţiei enzimatice reuşeşte să schimbe configuraţia spaţială a enzimei şi să inhibe astfel, printr-un *feed-beack* negativ, reacţia enzimatică. În felul acesta sinteza produsului final se poate adapta necesităţilor variabile ale celulei, deoarece nu se va produce mai mult produs final

decât se consumă.

Sinteza proteinelor nu ar fi posibilă fără legăturile slabe. Legăturile slabe oferă acea lihprtateae mişcare mecanismelor de reglare. Spre deosebire de sistemele electronice, organismele vii transmit informaţia prin nişte semnale mult mai „mari decât electronii, adică prin nişte molecule de ADN şi de AM care sunt infinit mai mari decât electronii. De aceea pentru a avea libertatea de mişcare necesară transmiterii informaţiilor este necesar un mediu lichid şi intervenţia legăturilor slabe. Legăturile slabe le oferă posibilitatea de alegere a unei anumite ordini din mulţimea ordinilor posibile. Ordinea aleasă cu ajutorul legăturilor slabe este apoi fixată cu ajutorul legăturilor puternice, covalente, dintre aminoacizi.

Pentru a-şi putea creşte ordinea, adică pentru a putea sintetiza compuşi complecşi cu entropie mică, aşa cum sunt proteinele, informaţia de care au nevoie sistemele vii trebuie să stabilească nu numai modul în care trebuie

folosită substanţa, ci şi modul în care trebuie folosită energia de care dispun.

Pentru a-şi putea menţine şi chiar. Creşte ordinea, în condiţiile celui de-al doilea principiu al termodinamicii, sistemele vii trebuie să cupleze reacţiile de degradare, care nu contravin acestui principiu, cu reacţiile de sinteză, care în aparenţă contravin celui de-al doilea principiu, dar care în realitate nu fac altceva decât să utjJi7P7 «.n posihilitatf pe care grpgtn nu a pvrine-i» în desăvârşire. Cel de-al doilea principiu al termodinamicii tinde să crească entropia, adică dezordinea sistemului. Dar el nu limitează frontierele sistemului respectiv. De aceea sistemele care vor forma nişte sisteme mai mari împreună cu alte elemente din mediul înconjurător îşi vor putea reduce entropia pe seama elementelor cu care s-au asociat şi a căror entropie va creşte în mod compensator. La acest mijloc au recurs sistemele biologice care formează un sistem mai mare împreună cu mediul înconjurător a cărui entropie va creşte pe măsura

scăderii entropiei sistemelor pe care le conţine. La acest mijloc au recurs şi mecanismele de reglare intracelulară care au cuplat reacţiile de sinteză cu reacţiile de degradare. Aşa spre exemplu, reacţia de degradare a glucozei în compuşi cu entropie din ce în ce mai mare, până la apă şi bioxid de carbon, care sunt eliminaţi apoi în mediul extern, este cuplată cu reacţiile de sinteză a proteinelor şi astfel, în timp ce glucoza îşi scade entropia, proteinele şi-o cresc. Aceasta l-a făcut pe E. Schrödinger (174) să spună că organismele vii se hrănesc cu negentropie, adică cu ordinea”pe care o iau 3Tnalimente. Prin obţinerea unor produşi cu entropie din ce în ce mai mare, în timpul degradării glucozei, se eliberează o anumită cantitate de energie care este oferită mai întâi unor compuşi măcroergici intermediari. Aceşti compuşi macroergici se găsesc la toate plantele şi la toate animalele care, direct sau indirect, folosesc în ultimă instanţă energia solară, căci în zahărul, în carnea sau în pâinea pe care le mâncăm este înmagazinată de fapt energia solară.

? TFotonul care cade pe molecula de clorofilă a plantelor, care au capacitatea de a folosi direct energia solară, aduce molecula de clorofilă într-o stare de excitaţie. Această stare de excitaţie durează foarte puţin, aproximativ o miliardime de secundă, deoarece clorofila cedează rapid electronul excitat altor substanţe şi acestea altora, ca un slab curent de electroni, care după cum remarcă A. Szent-Gyorgyi, întreţine viaţa. Pe măsură ce acest curent de electroni trece de la o substanţă la alta, se sintetizează un compus capabil să-i înmagazineze energia pe care electronul o cedează. Acest compus este acidul adenozintrifosforic sau ATP. ATP-ul. Prezent în toate celule vii, ia naştere prin adăugarea unor molecule de fosfat la molecula de acid adenozindifosforic, sau ADP. Prin această fosforilare, adică prin trecerea ADP în ATP, energia solară este transformată în energie chimică. ATP-ul care ia naştere în procesul de fotosinteză este o substanţă cu o stabilitate redusă putându-se desface din nou în ADP şi fosfat cu

eliberarea energiei pe care a înmagazinat-o. Această energie este folosită de către plante la sinteza, din apă şi bioxid de carbon, a unor molecule organice, cum ar fi glucoza, fructoza, amidonul şi altele. Aceste substanţe vor reprezenta apoi hrana animalelor care nu posedă capacitatea de fotosinteză (fig. 19).

În rălnlele animalelor glucoza este degradată, este oxidatăj aungându-se din nou la Tbioxid de carbon şi apă. Majoritatea oxidărilor au loc însă în absenţa oxigenului şi sunt de fapt nişte hidrogenări. Hidrogenul luat de la o moleculă este transferat altei molecule, care este astfel redusă (de aceea reacţiilor de oxidare li se spune reacţii de oxido-reducere), până când în cele din urmă oxigenul ajunge în prezenţa hidrogenului cu care formează apa.

Procesul de degradare a glucozei se desfăşoară mai întâi anaerob ca un proces de glicoliză, care duce la formarea de acid piruvic. Acidul piruvic rezultat din procesul de glicoliză poate suferi în continuare diferite transformări.

De aceea este denumit piatra turnantă a metabolismului. £1 se poate reduce, spre exemplu, în acid lactic. Cea mai însemnată transformare este însă decarboxilarea oxidativă, la care participă coenzima A şi dehidrogenaza. Acetil – coenzima

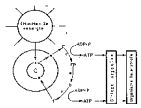


Fig. 19. Reprezentarea schematică a procesului de fotofosforilare ciclică. Energia solară, transportată de fotoni, excită un electron *e* care părăseşte molecula de clorofilă C şi ajunge pe un lanţ de transportori de electroni, aşa cum sunt feredoxina *F*, flavoproteina *FP* şi citocromii *b* şi z La fiecare transfer electronul cedează o parte din energia acumulată care va fi depozitată în molecula de *ATP*, adică de acid adenozintrifosforic, care ia naştere. *ATP-ul* este apoi folosit la sinteza moleculelor organice de către plantele care folosesc ca hrană organismelor

heterotrofe.

A care rezultă din această transformare intră în ciclul acidului citric sau în ciclul lui Krebs (fig. 20). Acest ciclu se desfăşoară de două ori pentru fiecare moleculă de glucoză din care rezultă două molecule de acid piruvic. Nici în ciclul lui Krebs oxidarea nu se produce direct, ci tot printr-o serie de hidrogenări şi dehidrogenări succesive.

Reacţiile de oxidoreducere sunt cuplate cu formarea de ATP. Trecerea unei perechi de atomi de hidrogen de pe o substanţă pe alta dă naştere la trei molecule de ATP. Astfel, energia substanţelor nutritive este eliberată şi acumulată în trepte evitând tulburările pe care le-ar putea produce eliberarea ei bruscă.

Fotosinteza a dus deci la formarea de ATP, a cărui energie este folosită de plante pentru sinteza unor molecule organice. Degradarea acestor molecule de către sistemele

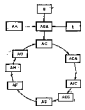


Fig. 20. Ciclul lui Krebs, sau ciclul acidului citric, în care acetil-Coenzima A, sau *ACea*, care rezultă, din degradarea glucidelor G, a lipidelor I şi a aminoacizilor *A A*, este supusă unor oxidări succesive până la biexid de carbon şi apă, (i4C-acid acetic, *AC A*acid cis-aconitic, *A IC*acid izocitric, *ACG-aLcid* alfa-cetoglutaric, 5-acid succinic, *AF*-acid fumărie. *AM*acid malic, *AO-3lc*\\ oxalacetic).

Heterotrofe duce din nou la formarea de ATP care devine astfel un fel de monedă universală a energiei, atât la plante cât şi la animale. Procesul de degradare a substanţelor organice, care se desfăşoară conform celui de-al doilea principiu al termodinamicii, este cuplat cu procesul de formare a ATP-ului. El acumulează energia care se pierde sau mai bine zis s-ar pierde prin degradarea substanţelor organice, tot aşa cum, spre exemplu, acumulatorul acumulează energia electrică pe care o poate ceda mai târziu. Prin aceasta nu se încalcă cel de-al doilea principiu,

dar se utilizează acea posibilitate a unui sistem de a-şi reduce entropia pe seama altor sisteme, cu care a format un sistem comun, dar care îşi vor creşte entropia. Cel de-al doilea principiu tinde să aducă sistemele într-o stare de echilibru termodinamic, care este atins atunci când entropia devine maximă iar energia liberă devine minimă. Adică, în timp ce tinde să crească dezordinea tinde să scadă şi energia liberă a sistemului. De aceea reacţiile chimice tind să se desfăşoare în mod spontan spre compuşi chimici din ce în ce mai puţin complecşi, cu entropie din ce în ce mai mare şi cu energie liberă din ce în ce mai mică. Iar dacă celula reuşeşte să sintetizeze produşi complecşi cu entropie mică, acest lucru se datorează cuplării reacţiilor de sinteză cu cele de degradare, care le pun la dispoziţie energia necesară. Sinteza se desfăşoară astfel pe seama degradării. Pentru a înţelege mai bine modul în care reacţiile de sinteză, care tind să crească ordinea, se desfăşoară de fapt pe seama celui de-al doilea principiu al termodinamicii, care tinde să

scadă ordinea, ar fi suficient să arătăm că dacă într-o soluţie omogenă se creează o diferenţă de temperatură va apărea un transport de energie care va căuta să reegalizeze temperaturile. Transportul de energie nu se va putea însă face fără un transport de substanţă care, egalizând temperaturile, va crea o diferenţă de concentraţie. Şi în organismul uman se petrec foarte multe cuplări asemănătoare. Reacţiile care au nevoie de energie sunt cuplate cu reacţiile care eliberează energie. Pentru formarea unei legături peptidice, spre exemplu, adică pentru legarea a doi aminoacizi, sunt neecesare O, 5 keal pe mol. Această energie este oferită de ATP, care a înmagazinat-o în timpul catabolismului. Cele două reacţii, de sinteză a proteinelor şi de desfacere a ATP-ului în ADP plus fosfat, cu eliberare de energie, se petrec simultan. Aminoacidul AA este mai întâi activat, adică legat printr-o legătură macroergică de AMP, care este o moleculă de adenozinmonofosfat, ce ia naştere din desfacerea ATP-ului în ADP ŞI AMP. Adică.

AA + ATP – AA AMP + ADP.

Apoi aminoacidul este trecut pe un ARNt:

AA-AMP + ARNt – AA ARNt +AMP.

Iar ARNt îl trece la rândul său unui alt aminoacid:

AA ARNt – făă – AA – AA – AA – AA + ARNt.

Din cele 7 keal pe mol pe care ATP-ul le eliberează prin desfacerea lui în ADP ŞI AMP, reacţia de sinteză a proteinelor nu consumă decât O, 5 keal pe mol. Astfel se respectă întocmai cel de-al doilea principiu al termodinamicii, deoarece energia liberă a reacţiei cuplate realizează o scădere de 6,5 keal pe mol.

Deşi conduc la scăderea entropiei, reacţiile de sinteză se desfăşoară deci tot pe seama celui de-al doilea principiu al termodinamicii. Ele sunt în situaţia călătorului dintr-un vehicul, care se poate deplasa şi în sens contrar vehiculului liâcafg se află. Şi întreaga lume vie se deplasează în sens contrar celui de-al doilea principiu al termodinamicii. Pentru aceasta ea a trebuit să apeleze însă la o serie întreagă de mijloace şi de

mecanisme de reglare extrem de ingenioase şi de subtile.

REGLAREA INTERCELULARĂ

În cele 3,7 miliarde de ani, care au trecut de la apariţia vieţii pe Pământ, sistemele vii au evoluat continuu şi de la organismele monocelulare, formate dintr-o singură celulă, cum ar fi bacteriile, s-a ajuns la organisme pimjcelularer alcătuite dintr-un foarte mare număr de celule/specializate, care’ Cooperează îuue-ehi pentru a-şi menţme identitatea Lor şi în acelaşi timp a întregului sistem biologic. Organismul uman este format, după cum arată J. D. Watson (195), din aproximativ 5 X IO12 celule, de peste 150 de tipuri (musculare, nervoase, conjunctive, osoase, sanguine etc.).

Organismele pluricelulare iau naştere – însă tot dintr-o singură celulă, celula ou, care a luat şi ea naştere la rândul ei din două celule sexuale specializate în transmiterea informaţiilor genetice. Pentru a se ajunge la celulele sexuale este necesară o diviziune reducţională care să reducă

la jumătate numărul de cromozomi, care sunt dispuşi de obicei în perechi. Celulele umane dispun de 23 de perechi de cromozomi. 22 de perechi sunt cromozomi autosomi, iar o pereche sunt cromozomi sexuali. La sexul feminin cei doi cromozomi «yyal ci au fost Hennmiţi xx. I a. Sexul masculin ei nu sântomologr-şî-au’ Tbst denumiţi XY. Dacă o celulă va conţine doi cromozomi ji, atunci ea va fi de sex. Genetâc” feffimm7 iar dacă va conţine un cromozom X şi anul Y, ea va fi de sex jjenHâOnăSculin în cursul diviziunii reducţionâfle care duce la formarea celulelor sexuale, se ajunge de la celulele diploide cu 23 de perechi de cromozomi, la celulele haploide cu 23 de cromozomi, neperechi. Celulele sexuale au deci câte 22 cromozomi autosomi neperechi şi câte un cromozom sexual, care va putea fi sau X sau Y. La celula sexuală feminină, denumită ovul, acest cromozom sexual nu poate fi decât X, deoarece reducerea la jumătate a celor doi comozomi sexuali XX nu poate duce decât la un cromozom X. La celula sexuală masculină, denumită

spermatozoid, cromozomul sexual poate fi sau X sau Y, deoarece mitoza reducţională a celulei diploide masculine, care conţine un cromozom X şi unul Y, poate duce la două celule haploide care să conţină fie un cromozom X, fie un cromozom Y. Adică, spre deosebire de ovul care este întotdeauna de sex feminin, spermatozoidul poate fi atât de sex feminin, prin cromozomul X pe care îl poate conţine, cât şi de sex masculin, prin cromozomul Y pe care îl conţine. *F* Prin procesul destul de complicat de unire a celor două celule haploide, provenite de la două organisme diferite, adică de unire a spermatozoidului cu ovulul, va lua naştere o nouă celulă diploidă, zigotul. Acesta va dispune de informaţia genetica provenităae la cei doi părinţi, mai bine zis de la mai multe serii de indivizi, care au transmis-o celor doi părinţi, care la rândul lor o transmit zigotului. Informaţia genetică pe care o primeşte zigotul provine de fapt de la nişte indivizi care se pierd în negura vremilor. Ea a trecut deci prin proba timpului, reuşind să se menţină nealterată în pofida

numeroşilor factori entropiei.

Cu ajutorul informaţiei genetice şi al unui bogat echipament enzimatic, zigotul începe să se dividă foarte rapid. El dă naştere la început la nişte blastomere identice între ele. Curând însă celulele care vor lua naştere se vor diferenţia între ele. În centrul grămezii de blastomere identice apare mai întâi un lichid care împinge blastomerele la margine. Se formează astfel o veziculă la extremitatea căreia se adună o masă mai mare de celule care formează embrionul. Celulele embrionului se aşază apoi în trei straturi: ectodermul, mezodermul şi endodermul. Din aceste trei straturi vor lua naştere toate organele. Din ectoderm va lua naştere tubul neural. Din endoderm va lua naştere intestinul primitiv. Din mezoderm va lua naştere tubul cardiovascular. Aceste tuburi primitive vor evolua apoi pentru a da naştere sistemului nervos, aparatului digestiv şi aparatului cardiovascular. Extremitatea anterioară a tubului neural, spre exemplu, se umflă şi se împarte apoi în trei şi apoi în cinci

vezicule cerebrale, din care se va dezvolta creierul.

Celulele care au apărut din zigot încep deci la un moment dat să se diferenţieze. Deşi au primit aceeaşi informaţie genetică, ele încep să se deosebească între ele. Diferenţierea aceasta se accentuează şi devine ireversibilă. Prin diferenţiere celulele se specializează. Ele nu vor mai putea îndeplini orice activitate, dar pe cea pe care o vor îndeplini o vor îndeplini mult mai bine. Celulele specializate păstrează şi chiar îşi – perfecţionează posibilitatea de a sintetiza anumite proteine, dar îşi pierdposibilitatea de a sintetiza altele. S-ar putea ca această diferenţiere să fie determinată de nişte represori sau poate, după cum arată J. D. Watson (yn), chiar de anumite mutaţii. Rolul de a bloca anumite porţiuni din informaţia genetică a fost atribuit la un moment dat histonelor, nişte proteine bazice care învelesc molecula de ADN. Celulele sau ţesuturile diferenţiate vor influenţa apoi celuleleşT-Ţesufâlrile-Tnvecinate printr-o inducţie reciprocă.

Aceasta înseamnă că relaţiile intercelulare pot să ducă ele însele, la adâncirea diferenţierilor.

Dacă relaţiile intercelulare pot contribui la desăvârşirea diferenţierilor, ele sunt cu atât mai necesare după ce diferenţierile s-au produs. Celulele foarte diferenţiate din organism nu mai sunt în stare să trăiască independente. Activităţile pe care le îndeplinesc ele depind de, sau condiţionează activităţile celorlalte celule... De aceea, pe lângă mecanismele de reglare intracelulară, devin absolut necesare şi mecanismele de reglare intercelulară.

Ca şi reglarea intracelulară, reglarea intercelulară presupune şi ea existenţa unor posibilităţi. De comunicare. Celulele aintr-un organism jpluricelular, cum este organismul uman, nu pof comunica toate între ele prin contact direct. Datorită numărului lor foarte mare, o celulă din organismul uman nu va putea comunica direct cu toate celelalte celule şi nici chiar cu celulele cu care ar fi absolut necesar să comunice. De aceea, pe lângă contactul direct, celulele mai

trebuie să comunice şi prin intermediul unor substanţe chimice., care joacă rolul se mesageri chimici. Dar ca orice comunicare şi comunicarea prin intermediul mesagerilor chimici presupune existenţa unui sistem de comunicaţie, care să facă posibilă deplasarea acestor mesageri chimici de la sursa de emisie la celula de destinaţie. Pentru a putea permite însă deplasarea unorjnolecule atât de mari, cum sunt unii mesageri-chimici sistemul de comunicaţie intercelulară trebuie să iie, ca şi cel de comunicaţie intracelulară, un sistem lichid. Din anumite motive, cum ar fi cele de solubilitate şi de termoreglare, substanţa lichidă la care au apelat sistemele biologice este apa.

Apa îndeplineşte în sistemele vii foarte multe roluri. *FPe* lângă faptul că îndeplineşte rolul de canal de comunicaţie /pentru informaţia structurală, ea participă şi la cele două i procese fundamentale ale vieţii, adică la fotosinteză şi la „respiraţie (40). În timpul fotosintezei eaeste descompusă în oxigen şi hidrogen, ultimul fiind legat de bioxidul de carbon pentru sinteza

substanţelor organice. În procesul de respiraţie, prin oxidarea substanţelor organice se reface bioxidul de carbon şi apa.

În mod normal moleculele de apă, H-O-H, formează legături de hidrogen. Deşi datorită mişcării termice aceste legături se rup mereu, ele se şi refac mereu. O moleculă ţie apă este legată prin patru punţi de hidrogen cu alte patru molecule deapăi, pe care însă le va schimba mereu. Mnâeriiâa Hp ap-a pe>afp forma-Ieggfuri de hidrogen şi cu alte moâecule polare, cum ar fi acidul piruvic sau glucoza, pe gxe. Ngfiind-avantaioasă din punct de vedere energetic, Teva înlocui CU moleculele ap ™>1 puţin” atnn/M-rtnrfrtaturifa” agitaţiei termice, moleculele străine vor găsi nişte molecule cu o conformaţie spaţială complementară. În acest caz glucoza va fi cedată moleculei de hexochinază, spre exemplu.

Viaţa nu poate exista în afara apei. Apa reprezintă uneori până la 99% din sistemul viu. Ea se găseşte atât înăuntrul, cât şi în afara celulei. Uneori celulele plutesc chiar în apă, aşa cum se

întâmplă cu celulele sângelui, care este un ţesut lichid.

Materia vie este de fapt o soluţie coloidală în stare de gel, adică între starea lichidă şi starea solidă. În această soluţie coloidală în stare de gel, care cuprinde în ochiurile ei soluţiile ionice, moleculare şi macromoleculare, are loc, datorită agitaţiei termice, procesul de difuziune a particulelor solvite în masa solventului, fără un consum specific de energie.

Dacă soluţiile sunt separate de o membrană, aşa cum este membrana celulară, se poate produce procesul de osmoză, adică trecerea apei dinspre soluţia mai puţin concentrată spre soluţie mai concentrată, până la egalizarea concentraţiilor. Migrarea apei dintr-o parte în alta a membranei este determinată de presiunea osmotică, care este egală cu presiunea hidrostatică care trebuie imprimată soluţiei mai concentrate pentru a opri intrarea apei şi diluarea ei.

Odată cu funcţia de transport a substanţelor

plastice şi energetâCerapa îndeplineşte şi funcţia de transport a mesaperilor chimici. Diferitele celule specializate sintetizează şi elimină în mediul înconjurător anumite substanţe chimice care vor putea influenţa activitatea altor celule. Dacă nu ar exista mediul intercelular lichid, aceste substanţe nu ar putea ajunge la celulele a căror activitate trebuie să o influenţeze.

Apa din organismul uman este repartizată în două mari sectoare: unul intracelular şi unul extracelular. Apa din sectorul extracelular reprezintă aproximativ 20% din greutatea organismului uman. Apa din sectorul extracelular este repartizată şi ea, la rândul ei, în două sectoare: sectorul interstiţial, care se află în jurul celulelor şi reprezintă 16%, şi sectorul circulant, sau vascular, care cuprinde apa din aparatul cardiovascular şi care reprezintă 4% din greutatea organismului. Deoarece repartiţia şi compoziţia apei din cele trei sectoare, celular, interstiţial şi vascular, nu se păstrează în mod spontan, a fost necesară apariţia unor celule şi ţesuturi

specializate în reglarea volumului, a compoziţiei şi a mişcării apei prin organismul uman.

Orice modificare a volumului de sânge. Spre exemplu, este sesizată de nişte receptori sensibili la variaţiile de presiune; ăâe sângeâuju. Când volumul de sânge scade, umplerea. AXmlor scade şi ea, iar această scădere a umplerii atriilor stimulează baroreceptorii, care vor transmite informaţiile respective unor formaţiuni din hipotalamus, unde vor stimula secreţia de hormon antidiuretic. Hormonul antidiuretic, secretat de neuronii din hipotalamus, este trimis prin intermediul prelungirilor neuronale până la hipofiza posterioară de unde este vărsat în circulaţia sanguină care îl transportă la rinichi unde va reduce diureza, refăcând astfel volumul de lichid care a scăzut din diferite motive.

Reglarea volumului sanguin este însă indisolubil legată de reglatea compoziţiei sângelui. Receptorii care sesizează modificarea compoziţiei sângelui sunt nişte celule neuronale situate şi ele în hipotalamus, care generează impulsuri în

funcţie se gradul lor de hidratare sau de deshidratare. Dacă sângele care le irigă are o osmolaritate scăzută, adică conţine mai puţine substanţe dizolvate, şi mai ales mai puţin sodiu care reprezintă 90% din electroliţii dizolvaţi în plasmă, atunci apa pătrunde în aceste celule specializate pentru a egaliza, conform celui de-al doilea principiu al termodinamicii, concentraţia dinăuntrul celulelor cu cea din afară. Celulele se edematiază şi vor emite mai puţine impulsuri neuronilor care secretă hormonul antidiuretic. Scăderea secreţiei de hormon antidiuretic va duce la creşterea diurezei, deci la eliminarea apei în exces şi la refacerea concentraţiei sângelui.

Pe lângă hormonul antidiuretic, care poate creşte sau scădea eliminarea de apă, la refacerea volumului şi a compoziţiei sângelui mai intervine şi un alt hormon, aldosteronul. Acesta poate creşte sau reduce eliminarea de sodiu (185). Între concentraţia sodiului şi secreţia de aldosteron există un circuit de *feed-back* negativ, deoarece orice creştere a sodiului determină o reducere a

secreţiei de aldosteron.

Hormonul antidiuretic şi aldosteronul participă la menţinerea, prin intermediul unor mecanisme de *feed-back*, a homeostaziei hidrice, scăzând sau crescând, după împrejurări, eliminarea de sodiu sau de apă (fig. 21).

Oricât ar corecta însă aceste mecanisme de *feed-back* deshidratarea organismului, spre exemplu, ele nu vor mai putea, la un moment dat, să-i facă faţă, deoarece ele nu vor putea opri complet eliminarea de apă. În orice situaţie.

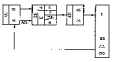


Fig. 21. Mecanismul de *feed-bach* de reglare a volumului *VS* şi compoziţiei sângelui *ce*. Traductorii I sunt reprezentaţi de nişte baroreceptori *BR* care sesizează variaţiile de volum, de nişte osmorecepteri *OS*, care sesizează, variaţiile de concentraţie, şi de nişte receptori *RO* care sesizează starea de dezhidratare celulară, aşa cum fac cei din mucoasa orofaringiană.

Informaţiile culese de aceşti receptori sunt trimise unor centri de comandă CE, aflaţi în anumite zone ale creierului, cum ar fi sistemul limbic şi hipotalamusul. Aceştia, prin intermediul unor stimuli nervoşi sau al uncr mesageri chimici, cum ar fi hormonul antidiuretic *ADH*, acţionează asupra unor organe de execuţie, cum ar fi rinichiul *R*, pielea P, corticosuprarenala *CSR* şi chiar asupra comportamentului, pentru a regla în aşa fel eliminările şi aportul de apă, încât să se păstreze în orice situaţie un volum şi o compoziţie constante ale sângelui.

Omul trebuie să elimine prin piele, prin rinichi şi prin plini îni o anumită cantitate de apă. Aceasta demonstrează că mecanismele de *feed-back* nu pot păstra homeostazia organismului în orice situaţie dacă nu intervine la un moment dat mecanismul de *feed-before*.

Pentru reglarea volumului şi a compoziţiei apei din organism 3eviii6 necesaia la Utt moment dat nu numai reglarea q1 iminărilor, ci şi reglarea apoftului, adică a ingestlei dg apă. Ingestia de apă

este determinată de senzaţia de sete, determinată şi ea la rândul ei de deshidratarea mucoasei orofaringiene, care va determina iritarea terminaţiilor nervoase de la nivelul orofaringelui (19). Senzaţia de sete mai poate fi produsă şi de deshidratareacelulelor osmoreglaţpare” 3m hipotalamus. Excitarea terminaţiilor nervoase sau a celulelor osmoreglatoare va duce, în cele din urmă, la un comportament corespunzător satisfacerii necesităţilor de apă ale organismului. Prin intermediul informaţiilor plecate de la nivelul orofaringelui spre hipotalamus şi de aici spre formaţiunile superioare, unde se vor întâlni cu informaţiile primite din afară, organismul îşi va putea reface homeo. Stazia hidrică în momentele sale critice.

Prinrftglarpa sectorului circulant, nrflanumnt îşi va putea apoi regla şi homeostazia celorlalte sectoare, deoarece între ele eBasta. Schimburi permanente. Kn primul rând, există un scâumb permanenthitre sectorul vascular şi sectorul interstiţial, care scaldă celulele organismului. Prin

intermediul lichidului interstitial celulele organismului primp r suh =

Stanţeii-de-care au nevoie şi tof prin intermediul lui elifnină hstanţele nocive care rezultă. În timpul activităţii lor. Lichidul interstiţial cedează apoi aceste substanţe lichidului circulant care le transportă la rinichi, la piele sau la plămâni pentru a fi eliminate din organism.

Apariţia în lichidul interstiţial a unor substanţe secretate fig anumite celule va influenţa însă activitatea altor celule, în condiţiile unui sistem hipercomplex, aşa cum este organismul uman, format din miliarde de celule care nu pot veni toate în contact direct, această influenţă de la distanţă, prin intermediul unor substanţe chimice, capătă o importanţă deosebită. Ea devine un mijloc de reglare. Substanţele eliminate de diferitele celule devin astfel nişte mesageri chimici De aceea reglarea prin intermediul mesagerilor chimici s-a perfecţionat, apărând chiar celule specializate în secreţia acestor

mesageri, aşa cum sunt celulele endocrine, care secretă hormoni.

Hormonii secretaţi în lichidul extracelular de către aceste celule specializate ajung apoi în lichidul circulant care îi transportă la celulele ţintă. De aceea, transportând substanţele plastice, energetice şi mesagerii chimici, de la nişte celulelă alte celule, aparatului cardiovascular îi revine şi un rol de reglare ţi de rmrrinnarp a relorlalte aparate şi organe, a căror funcţionare depinde de perfuzia lor cu sânge, în condiţiile în care celulele s-au specializat pentru îndeplinirea unei singure funcţii, nu numai activitatea, ci însăşi existenţa lor depinde de modul în care primesc subsfanţele-şî-infuimiţule" necesare şi de modul în care sunt eliberate de substanţele dăunătoare care iau naştere în timpul activităţii lor. Iar la realizarea acestor condiţii contribuie în mare măsură şi aparatul cardiovascular.

Unde Pi reprezintă presiunea de la capătul arterial, *P2* – presiunea de la capătul venos, iar *R* – rezistenţa pe care o întâmpină sângele prin

arborele circulator. Rezistenţa

$\circ \frac{P_1 - P_2}{R}$

Având deci un rol foarte important şi foarte complicat în economia sistemului biologic, funcţionarea aparatului cardiovascular este controlată şi ea de nişte mecanisme cibernetice (19). Aparatul cardiovascular este format, după cum se ştie, dintr-un sistem de vase sanguine şi dintr-o pompă musculară, inima care pune în mişcare sângele prin aceste vase de o constituţie particulară. Aportul de sânge spre ţesuturi depinde în primul rând de cantitatea de sânge pe care o pompează inima, adică de debitul cardiac Acesta depinde, la rândul său, de cantitatea de sânge care >e reîntoarce la inimă, adică de reîntoarcerea venoasă. Dată fiind capacitatea mult mai mare a sistemului venos, care are un volum de trei ori mai mare ca cel al sistemului arterial, şi variaţiile de calibru ale venelor, care au o distensibilitate de opt ori mai mare decât a

arterelor, întoarcerea venoasă poate varia foarte mult. Debitul sanguin va depinde tocmai de diferenţa de presiune dintre cele două extremităţi, cea afterâală TeTTo ’presiune de 100 mm ±lg şi cea venoasă cu o presiune de l-2 cm HzO, precum şi de rezistenţa pe care o întâmpină sângele prin sistemul vagrnâăr, arh>5 depinde şi ea de diametrul, de lungimea vaselor şi de vâscozitatea sângelui. Scăderea diametrului vaselor de sânge prin ramificarea lor PÂnă la capilare duce la srfrfiercă vitezei şi a presiunii odată cu creşterea suprafeţei patului vascular”. De aceea presiunea arterială scade foarte mult la nivelul capilarelor

Având o tunică musculară contractilă, arteriolele îşi pot modifica însă diametrul lor, ceea ce face ca de ele să depindă în mare măsură rezistenţa periferică. Putând chiar să se închidă şi să se deschidă sub influenţa unor factori locali, arteriolele pot adapta circulaţia locală în funcţie de nevoi.

Sângele expulzat ritmic de către inimă în arterele mari, sub forma unor unde pulsatile, este

transportat de elasticitatea arterelor, care înmagazinează energia ce o primesc în timpul sistolei pentru a o oferi în timpul diastolei, într-o undă continuă. De la arterele elastice, sângele ajunge la arteriole. Cin arteriole el ajunge în capilare şi abia aici, datorită peretelui lor foarte subţire, de O, 3-O, 8 microni, format dintr-un singur strat de celule dispuse pe o membrană bazală, se poate face schimbul de substanţe plastice, energetice şi de mesageri chimici între sectorul circulant şi lichidul interstiţial. Deşi au un diametru foarte mic, de aproximativ 10 – 20 de microni, datorită numărului lor foarte mare, care poate ajunge până la 5000 de capilare pe mm2, aşa cum este în creier şi în plămâni, sectorul capilar oferă o suprafaţă foarte mare de schimb (7). Artera mezenterică superioară, care irigă pancreasul, intestinul subţire şi partea dreaptă a intestinului gros, se ramifică în 100.000.000 de capilare. Deşi un capilar nu poate avea o lungime mai mare de 1 mm, punând cap la cap toate capilarele unui om se obţin 100.000 km de

capilare, cu o suprafaţă totală de 6300 m2 (86).

Ajuns la nivelul capilarelor, sângele se întinde ca o peliculă extrem de subţire pe această imensă suprafaţă de schimb. Un cm3 de sânge poate să acopere o suprafaţă de peste 2000 de cm2. Schimbul dintre sectorul circulant şi cel interstiţial se face prin jocul dintre presiunea hidrostatică (care la capătul arterial al capilarului este de 35 mm Hg, iar la capătul venos al capilarului este de 12 mm Hg) şi presiunea coloidosmotică a sângelui care este de 25 mm Hg. Presiunea coloidosmotică a sângelui este determinată de substanţele macromoleculare, cum sunt proteinele, dizolvate în plasmă. Sângele conţine 7,3 g proteine la suta de ml de sânge. Iar lichidul interstiţial nu conţine decât 1,8 g la suta de ml de lichid. Deoarece substanţele macromoleculare nu pot trece prin membrana capilară, apa din sectorul interstiţial va căuta să treacă în sectorul vascular pentru a egaliza presiunea osmotică. La capătul arterial al capilarului, presiunea hidrostatică fiind mai mare

decât cea coloidosmotică, va împinge apa cu diferitele substanţe micromoleculare, care pot trece prin membrana capilară, în sectorul interstiţial. Prin scăderea presiunii hidrostatice până la 12 mm Hg, la capătul venos al capilarului, presiunea coloidosmotică, care este de 25 mm Hg, devine mai mare decât presiunea hidrostatică şi va atrage apa cu diferite substanţe micromoleculare, din nou în sectorul vascular. Trecerea dintr-un sector în altul se face prin difuziune liberă. Cantitatea *K* a substanţei care trece de o parte şi de alta a membranei va depinde, conform legii lui Fick, de constanta sa de difuziune *D*, de suprafaţa de difuziune S, de diferenţa de concentraţie dintre cele două sectoare *Gt* şi G2 şi de distanţa de difuziune *d*, conform formulei:

Astfel, la nivelul capilarelor se pot realiza schimburile necesare. Oxigenul, spre exemplu,

fixat la nivelul plămânilor, de către „hemoglobina, este cedat lichidului interstiţial-in proporţie de 30%, datorită diterenţeio7depresiune parjâala (care este de 95 mm hg în şi ngele arterial şi 3 mm H „îK ţesuturi). Disocierea oxihemoglobinei la nivelul capilarelor este determinată nu numai de diferenţa de presiune, ci şi de temperatură, de *pH*, şi de concentraţia în bioxid de carbon. În acelaşi timp, bioxidul de carbon, rezultat din arderile celulare, atingând o presiune parţială de 55 mm Hg, trece în capilar unde nu are decât o presiune parţială de 40 mm Hg. Tot datorită diferenţelor de presiune dintre cele două sectoare, glucoza şi acizii graşi din sânge trec în lichidul interstiţial, iar ureea, acidul uric şi alţi produşi de metabolism trec din lichidul interstiţial în sânge, pentru a fi eliminaţi din organism.

Schimbul dintre cele două sectoare se face deci în conformitate cu cel de-al doilea principiu al termodinamicii, care tinde spre creşterea entropiei. Faptul că organismul reuşeşte să obţină scăderea entropiei şi păstrarea ordinii între cele

două sectoare de lichid se datoreşte cuplării presiunii hidrostatice cu presiunea coloidosmotică. Prin această cuplare organismul reuşeşte să păstreze ordinea chiar pe seama celui de-al doilea principiu al termodinamicii, care în afara acestei cuplări, acestei organizări, s-ar opune ordinii respective.

Pentru a se realiza o presiune hidrostatică de 35 mm Hg la capătul arterial al capilarului este necesar un flux de sânge, care se realizează cu ajutorul pompei cardiace. Pompa cardiacă expulzează ritmic 70 de ml de sânge. La un ritm de 70 de bătăi pe minut, inima pompează cinci litri de sânge pe minut. Aceasta înseamnă 300 litri pe oră şi 7200 litri pe zi. Şi această muncă fantastică se realizează automat. Muşchiul cardiac se contractă printr-o autoexcitaţie iniţiată în nodului sinoatrial care este transmisă apoi întregului muşchi cardiac prin intermediul unor structuri specializate, cum sunt nodului atrio-ventricular, fasciculul lui Hiss şi reţeaua lui Purkinje. Timulii ritmici, care determină contracţia ritmică a inimiii

sunt generaţi de nodului sinoatrial, care are un potenţial de repaus de 53 6Q-ne mv, adică mai mic decât potenţialul de repaus al celorlalte fibre miocardice, potenţial care este de 80 – 90 mv. Potenţialul mai mic al celulelor nodulului sinoatrial este determinat probabil de permeabilitatea mai mare a acestor celule pentru sodiu. Din această permeabilitate mai mare pentru sodiu sau mai bine zis din jocul care se stabileşte între intrarea mai uşoară a sodiului şi ieşirea din celulă a kaliului derivă autoexcitabilitatea celulelor nodulului sinoatrial. În timpul excitaţiei conductanţa pentru sodiu creşte foarte mult. Intrarea rapidă a sodiului determină depolarizarea membranei şi apariţia unui potenţial de acţiune. Creşterea conductanţei pentru sodiu nu durează însă decât circa O, 15 secunde, după care conductanţa pentru sodiu scade brusc, crescând însă conductanţa pentru potasiu care duce la hiperpolarizarea celulei. Dar şi conductanţa pentru potasiu scade destul de rapid permiţând intrarea sodiului în celulă şi aşa mai departe de 60

– 70 de ori pe minut (fig. 22).

Având un potenţial de repaus mai scăzut, celulele nodulului sinoatrial se vor depolariza mai repede. De aceea nodului sinoatrial este cel care va iniţia şi va transmite excitaţia celorlalte formaţiuni care se depolarizează mai greu şi tocmai de aceea când, din anumite motive, vor prelua conducerea inimii, îi vor imprima un ritm mult mai lent.

Fig. 22. Reprezentarea schematică a automatismului inimii determinat de ’/ariaţiile ritmice ale permeabilităţii faţă de natriu Nu a celulelor nodului sinoatrial. Creşterea conductanţei pentru natriu duce la apariţia unui potenţial de acţiune, care se va propaga prin sistemul de comunicaţie al inimii la întreg muşchiul cardiac. Iar creşterea conductanţei pentru kaliu *K* va determina reapariţia

potenţialului de repaus de – 53 – 60 mv.

Trebuie remarcat însă că autoexcitabilitatea inimii se datoreşte, în cele din urmă, unui grad mai redus de ordine, unei opoziţii mai slabe a celulelor nodulului sinoatrial, precum şi a celorlalte formaţiuni autoexcitabile ale inimii, faţă de cel de-al doilea principiu al termodinamicii. Adică având un potenţial de repaus mai mic, ele se opun mai puţin uniformizării concentraţiilor dinăuntrul cu cele din afara celulei, permiţând sodiului să intre mai uşor în celulă, în felul acesta şi autoexcitabilitatea inimii se desfăşoară pe seama celui de-al doilea principiu al termodinamicii.

Automatismul intrinsec al inimii nu este însă suficient pentru a asigura cantităţile optime de sânge de care au nevoie diferitele organe în activitatea lor foarte variabilă, în – afectul fivir Spre exemplu, inima trebuie să asigure un aport mai mare desânge spre diferitele organe şi mai ales gpre-sâstemul muscular. De aceea în efortul fizic inima ÎŞÂTnăfeşte debitul de la cinci litri

până la 35 litri pe minut. Şi această creştere de şapte ori a debitului cardiac se realizează tot automat. Destinderea muşchiului cardiac, determinată de creşterea întoarcerii venoase, produce în mod automat o creştere a debitului cardiac mai ales prin creşterea debitului pe o bătaie şi mai puţin prin creşterea frecvenţei inimii.

Dar nici adaptarea automată a inimii la nevoile uneori foarte mari nu este încă suficientă pentru că nu toate ţesuturile şi organele sunt solicitate în mod egal. De aceea, pe lângă reglarea automată a debitului cardiac, mai este necesară şi autoreglarea circulaţiei locale în funcţie de nevoile concrete ale organului respectiv. Acest lucru se realizează prin intermediul musculaturii arteriale, care se termină cu un adevărat sfincter precapilar. Acest sfincter precapilar este în mod normal contractat şi nu lasă sângele să treacă în capilarul respectiv. Oprind sângele să treacă, sfincterul precapilar îşi opreşte şi propriul său aport de oxigen, absolut necesar pentru a putea fi contractat. Nemaiavând oxigenul necesar

contractării, sfincterul precapilar se dilată. Prin dilatare, sângele arterial trece în capilar şi îi aduce oxigenul pecesar. Contractării. De aceea stâncterul se contracta din nou. Prin acest mecanism de *feed-back* negativ dintre concentraţia în oxigen a ţesutului respectiv şi contracţia sfincterului precapilar (care poate fi influenţat şi de alte substanţe, cum ar fi acidul lactic, care apare în timpul activităţii anaerobe, histamina, bioxidul de carbon şi catecolaminrle) se poate regla, sau mai bine zis se autoreglează, perfuzia cu sânge din fiecare organ şi ţesut.

Autostimularea ritmică, adaptarea automată a inimii la efort şi autoreglarea circulaţiei locale nu pot menţine totuşi o homeostazie circulatorie, care să poată asigura condiţii de viaţă adecvate celulelor în orice situaţii. De aceea pentru menţinerea homeostaziei circulatorii a fost necesară apariţia unor mecanisme de *feed-back* supraetajate, la care să participe şi alte organe, dacă nu chiar toate organele, care în calitatea lor de beneficiari nu numai că pretind, dar reuşesc

chiar să participe, într-un fel sau altul. Ia reglarea aparatului cardiovascular. Deoarece perfuzia cu sânge depinde în mare măsură, sau poaţeâir-cel-Hrai indie măsură, de presiunea Sângelui unele organe care iau parte Ifi mecanismul de-*feed-back* supraetajat, cum ar fi receptorii din sinusul carotidian, din arcul aortei, din artera pulmonară, din atrii şi din ventriculi, sesizează tocmai variaţiile de presiune ale sângelui. Având rolul de traductori, aceste organe transformă variaţiile de presiune în stimuli nervoşi pe care îi trimite retroactiv unor centri de reglare din bulb, din hipotalamus şi din scoarţa cerebrală. Aceşti centri trimit apoi deciziile care rezultă în urma prelucrării informaţiilor primite unor organe de execuţie, cum sunt inima, vasele sanguine, rinichiul, medulosuprarenala, corticosuprarenala şi altele (fig. 23). Iar acestea prin creşterea sau scăderea debitului cardiac, prin contracţia sau dilataţia vaselor de sânge, prin creşterea sau scăderea secreţiei de adrenalină, noradrenalină, aldosteron, renină, prostaglandine, plasmokine şi

altele, vor putea corecta variaţiile presiunii şi ale compoziţiei sângelui.

Dar nici acest mecanism de *feed-back* supraetajat, oricât de eficace ar fi, nu poate corecta totuşi orice fel de erori pentru a menţine homeostazia circulatorie în orice fel de situaţii. Ca orice mecanism de *feed-back*, el are anumite limite şi nu poate corecta orice fel de erori, cum ar fi, spre exemplu, cele produse asupra organelor sale de comandă, sau de execuţie. De aceea peste mecanismul de *feed-back* supraetajat a fost necesară apariţia unui mecanism de *feed-before*, care să prevină cel puţin acele erori care nu ar mai putea fi corectate de către mecanismele de *feed-back*. Mecanismul de *feed-back* nu primea informaţii decât din

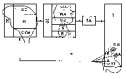


Fig. 23. Schema mecanismului de *fecd-back* în care scoarţa cerebrală *SE*» hipotalamusnt *H* şi

centrii vasemotori din bulb *CVB*, în calitate de centri de cemandă CE, inima *I*, musculatura arterială *AIA*, corticosuprarenala *CS*, suprarenale *S*, şi rinichiul *R*, în calitate de organe de execuţie *CE*, şi sinusul carctidian *SÂN*, receptorii acrtici *AA*, ventriculari *VT*, şi auriculari *A*, în calitate de traducteri *T*, participă la reglarea tensiunii arteriale *TA*.

Mediul intern. Mecanismul de *feed-before* trebuie însă să primească şi informaţii din mediul extern. Cu ajutorul lor, mecanismul de *feed-before* caută să ia acele decizii cu care să prevină tulburările pe care evenimentele care au generat informaţiile respective le-ar putea produce (fig. 24). Având în considerare întregul context al situaţiei, mecanismul de *feed-before* poate adopta, pe baza informaţiilor venite din afară şi a celor venite dinăuntrul organismului, deciziile cele mai adecvate pe care să le îndrepte spre centrii de comandă ai mecanismului de *feed-back*. Acestora le va reveni apoi sarcina de a executa şi de a controla modul în care se execută comenzile date.

Dacă mecanismul de *feed-before* nu mai funcţionează normal, pot apărea o serie întreagă de boli, cum ar fi hipertensiunea arterială esenţială, în care deşi organele mecanismelor de reglare nu au suferit niciun fel de leziuni, ele nu mai funcţionează normal (131,134). Dată fiind capacitatea limitată de transmitere şi de prelucrare a informaţiilor, mecanismul de *feed-before* poate fi tulburat prin simpla suprasolicitare informaţională, care, sub forma stresurilor şi a tensiunilor nervoase (119), este foarte des incriminată în etiopatogenia hipertensiunii arteriale (142,146) şi chiar

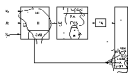


Fig. 24. În momentul în care la centrii de comandă ai mecanismelor de *feed-back* sosesc – pe lângă informaţiile generate de variaţiile elementului reglat – şi informaţiile generate de variaţiile mediului înconjurător mecanismele d© *feed-back* devin de fapt nişte mecanisme de feed-

before.

A ateroscolerozei (136,151). Suprasolicitarea informaţională poate face ca informaţiile de intrare să nu mai poată fi îndreptate spre căile de ieşire cele mai adecvate, fără ca vreunul dintre organele mecanismului de *feed-before* să fie lezat. Este suficient ca informaţia care ar trebui să fie trimisă pe o cale să o găsească ocupată de o altă informaţie pentru ca mecanismul de *feed-before* să nu mai poată funcţiona normal.

Desigur că de cele mai multe ori mecanismele de reglare reuşesc să păstreze o homeostazie circulatorie şi să asigure celulelor organismului condiţiile de viaţă cele mai adecvate. Marea eficacitate a mecanismelor de reglare a circulaţiei sanguine rezultă tocmai din această etajare, supraetajare şi intricare a mecanismelor respective. Intricarea aceasta face ca mecanismele de reglare să se supravegheze, să se coordoneze şi să se compenseze reciproc, oferind astfel organismului posibilitatea de a-şi putea păstra identitatea în cele mai diferite situaţii.

REGLAREA ENDOCRINĂ

Celula este un sistem deschis care face un permanent schimb de substanţe, de energie şi de informaţie cu mediul în care se află. Iefectuân9ca orice sistem o anumită operaţie de transformare asupra intrărilor, celula ia din mediu anumite substanţe şi va elimina în mediu alte substanţe. Unele din substanţele eliminate rezultă din degradările succesive la care sunt supuse în celulă substanţele primite. Unele din substanţele care rezultă în urma degradărilor sunt inutile şi chiar dăunătoare.

Spre deosebire însă de substanţele care rezultă în urma degradărilor, celulele mai elimină în mediul înconjurător şi anumite substanţe secretate de ele. Deşi toate celulele au această capacitate de a secreta anumite substanţe, prin care să-stinâttleze sau să frâneze activitatea altor celule. Unele celule s-au specializat chiar în secreţia unor astfel de substanţe. Cu ajutorul substanţelor sintetizate de ele şi eliminate în mediul înconjurător, substanţe pe care Starling le-

a denumit hormoni, ele reuşesc să influenţeze de la distanţă activitatea altor celule. Celulele producătoare de hormoni s-au grupat în glande endocrine, denumire care vine de la *endo* care înseamnă înăuntru şi *criein* care înseamnă a elimina.

Deşi omul are doar opt glande endocrine, şi anume epifiza, hipofiza, tiroida, paratiroidele, timusul, suprarenalele, pancreasul şi ovarele sau testiculele, acestea secretă un număr foarte mare de hormoni (7,48).

Pancreasul secretă insulina care, stimulând metabolismul glucozei, sau polimerizarea ei în glicogen, duce la scăderea glucozei din sânge. Dar pancreasul mai secretă şi glucagonul care, stimulând descompunerea glicogenului precum şi formarea de glucoză din aminoacizi, duce la creşterea glucozei în sânge.

Ovarul secretă hormoni estrogeni (estrona, estradiolul şi estriolul) care influenţează dezvoltarea şi funcţionarea organelor genitale feminine, caracterele sexuale secundare, cum este

vocea, distribuţia grăsimii, a părului şi dimensiunile bazinului osos. Ovarul mai secretă şi progesteronul care acţionează asupra tractului genital pentru menţinerea sarcinii.

Testiculul secretă testosteronul care acţionează asupra aparatului genital masculin şi asupra celorlalte aparate şi organe determinând caracterele sexuale secundare ale bărbatului. Testosteronul mai are şi o acţiune anabolizantă, de dezvoltare a muşchilor şi a oaselor.

Glandele suprarenale, care sunt formate din două zone: una medulară şi una corticală, secretă mai mulţi hormoni. Zona medulară sau medulosuprarenala, cum i se mai spune, secretă adrenalina care acţionează asupra aparatului cardiovascular, asupra muşchilor netezi şi a metabolismului. Ea produce o creştere a frecvenţei inimii şi a debitului cardiac, precum şi o intensificare a glicolizei şi a lipolizei, ducând astfel la o creştere a glicemiei şi a lipemiei.

Corticosuprarenala secretă mai mulţi hormoni care ar putea fi grupaţi în trei categorii:

glucocorticoizi, mineralocorticoizi şi sexuali. Hormonii glucocorticoizi, adică cortizonul şi hidrocortizonul, produc o stimulare a gluconeogenezei de către ficat şi o scădere a metabolismului glucozei la periferie. Cortizonul influenţează compoziţia sângelui, producând o scădere a celulelor cozinofile şi o creştere a celulelor neutrofile. El influenţează permeabilitatea capilară, inhibă unele enzime, cum ar fi hialuronidaza, care intervine în procesul inflamator. De aceea cortizonul este foarte des folosit în practica medicală.

Mineralocorticoizii, adică aldosteronul şi dezoxicorticosteronul, intervin în metabolismul apei şi al electroliţilor. Aldosteronul determină retenţia de sodiu şi implicit de apă şi eliminarea de potasiu.

Suprarenala mai secretă însă atât testosteron, cât şiprogesteron şi estrogeni, ceea ce înseamnă că fiecare om are, indiferent de sexul său, atât hormoni sexuali masculini, cât şi hormoni sexuali feminini, deşi trebuie remarcat că

suprarenala secretă hormoni sexuali în cantitate foarte mică.

Timusul este o glandă care se dezvoltă în prima copilărie şi se atrofiază la pubertate. El secretă nişte hormoni cut* intervin în procesele de apărare imunitară. După cercetări minuţioase, J. F. Bach (8) a izolat din timus unpolipeptid, cu greutatea moleculară de 1000, care nu are o specificitate legată de specie şi se pare să fie unul dintre hormonii secretaţi de timus.

Paratiroidele secretă parathormonul, care intervine în reglarea metabolismului calciului şi al fosforului, prin influenţa pe care o are asupra oaselor de unde mobilizează calciul şi fosforul şi asupra rinichiului pe care îl poate face şi\ elimine mai mult sau mai puţin calciu şi fosfor.

Tiroida. Secretă triiodotironina şi tetraiodotironina care iiiteryirLîn reglarea oxidărilor celulare, mtensiticând degradarea proteinelor sâa lipidelor, crescând absorbţia glucidelor, influenţând activitatea aparatului cardiovascular şi a sis(«inului nervos. În atara

acestor hormoni îodaţi, tiroida mai secretă şâ-calcitonina care intervine în metabolismul calciului.

Glanda hipofiză este alcătuită din trei lobi: anterior, mijlociu şi posterior. Lobul anterior şi cel mijlociu alcăluiesc, la un loc, adenohipofiza. Adenohipofiza secretă hormonul somatotrop care stimulează creşterea, hormonul tireotrop care stimulează dezvoltarea tiroidei şi secreţia de hormoni tiroidieni, hormonul adenocorticotrop care stimulează dezvoltarea şi secreţia glandelor corticosuprarenale, hormonul gonadotrop foliculostimulant care. La femei stimulează dezvoltarea foliculului ovarian şi secreţia de hormoni estrogeni, iar la bărbat stimulează dezvoltarea testiculelor şi spermatogeneza. Adenohipofiza mai secretă hormonul gonadotrop luteostimulant, care la femei stimulează dezvoltarea corpului galben şi secreţia de progesteron, iar la bărbat secreţia de testosteron. Adenohipofiza mai secretă, în sfârşit, hormonul luteotrop care stimulează dezvoltarea glandei

mamare şi apariţia lactaţiei. Hipofiza intermediară, care face şi ea parte din adenohipofiză, secretă hormonul melanotrop, care reglează formarea şi răspândirea pigmentului brun, denumit melanină.

Neurohipofiza depozitează şi pune în circulaţie doi hormoni secretaţi de celulele nervoase din nucleii supraoptici din hipotalamus şi transportaţi pe cale nervoasă, adică de-a lungul axonilor lor, până la hipofiza posterioară. Aceşti doi hormoni sunt ocitocina şi vasopresina, sau hormonul antidiuretic, care am văzut că acţionează la nivelul tubilor renali stimulând resorbţia apei.

Glandele endocrine secretă deci o serie întreagă de hormoni care, transportaţi de sânge, mai ales sub formă legată de nişte proteine de transport, vor putea influenţa activitatea unor celule ţintă situate la mare distanţă de celulele secretoare. Acţiunea hormonilor asupra celulelor ţintă va depinde de cantitatea în care ei ajung la remieie respective; canâva depinde” şi ea la

rândul eide cantitatea în căres El secretaţi, de capacitatea de transport a sângelui şi de ritmul în care ei sunt distruşi şi eliminaţi. Ea mai depinde, desigur, şi de capacitatea celulelor ţintă de a recunoaşte hormonii respectivi cu ajutorul unor receptori specifici. Dar chiar dacă acţiunea hormonilor nu ar depinde de atâţia factori, pentru a putea realiza reglarea endocrină (care înseamnă aducerea stării elementelor *y*\y2… *yn* din mulţimea *Yn* a celulelor organismului într-o corespondenţă adecvată cu starea mereu variabilă a elementelor *xxx2… xn* a factorilor de mediu, prin intermediul unor elemente *gxg2… gn* care sunt glandele endocrine sau hormonii *hjiţ… hn* pe care ele îi secretă) este necesară existenţa unor mecanisme de reglare.

Din prezentarea hormonilor s-a putut constata că unii hormoni, cum sunt cei adenohipofizari, acţionează chiar asupra unor glande endocrine. Tireotropul acţionează asupra glandei tiroide, gonadotropii acţionează asupra glandelor sexuale, iar corticotropul acţionează

asupra corticosuprarenalei, ceea ce înseamnă că ei reglează sau cel puţin intervin în reglarea acestor glande. Creşterea cantităţii de hormon tireotrop va determina creşterea secreţiei de hormoni tiroidieni. Dar în acest caz va trebui stabilită cantitatea de hormon tireotrop pe care trebuie să o secrete hipofiza. De mult s-a constatat că secreţia de hormon tireotrop este influenţată de secreţia de hormoni tiroidieni. Adică tireotropul stimulează secreţia de hormoni tiroidieni care la rândul lor vor inhiba, printr-un mecanism de *feed-back* negativ, secreţia de hormon tireotrop (79). Prin intermediul acestui mecanism de *feed-back* se poate asigura o secreţie de hormoni în funcţie de consum, în aşa fel încât să se asigure o concentraţie corespunzătoare de hormoni în orice situaţie. De aceea, între toate glandele periferice şi hipofiza care le controlează există astfel de mecanisme de *feed-back*.

Dar mecanismele de *feed-back* negativ nu pot decât să reducă secreţia de hormoni tropi hipofizari. De aceea pentru a putea corecta şi

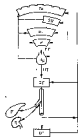
scăderea secreţiei lor este necesară intervenţia altor mecanisme capabile să stimuleze secreţia acestor hormoni.

Aceşti factori, capabili nu numai de a reduce, ci şi de a creşte secreţia hormonilor hipofizari, sunt secretaţi de hipotalamus, cu care hipofiza are strânse legături vasculare şi nervoase (86,181). Anumiţi neuroni din hipotalamus secreta. Nişte substanţe capabile să stimuleze sau să inhibe secreţia hormonilor hipofizari. Hipotalamusul secretă un factor de eliberare, adică de stimulare a secreţiei de hormon corticotrop, un factor de eliberare a hormonului tireotrop, un factor de eliberare a hormonului foliculostimulant, un factor de eliberare a hormonului luteinizant, un factor de inhibare a prolactinei, un factor de eliberare şi un factor de inhibare a hormonului de creştere, şi aşa mai departe (49). Factorul de eliberare a hormonului tireotrop, ajuns la hipofiză, pe calea vasculară a sistemului port, va stimula secreţia de hormon tireotrop care, la rândul lui, va stimula secreţia de hormoni tiroidieni. Secreţia factorului

de eliberare hipotalamic este inhibată atât de creşterea concentraţiei de tireotrop, cât şi de creşterea concentraţiei de hormon tiroidian, ea fiind deci controlată, după cum arată Şt. Milcu, atât printr-un *feed-back* scurt, între hipofiză şi hipotalamus, cât şi printr-un *feed-back* lung, între tiroidă şi hipotalamus (fig. 25). Circuitul de *feed-back* scurt dintre hipofiză şi hipotalamus poate să corecteze o eventuală creştere a hormonilor hipofizari, care, inhibând secreţia factorilor de eliberare respectivi, va readuce la normal nivelul hormonilor hipofizari.

Secreţia hormonilor hipotalamici este influenţată însă şi de informaţiile primite din afară, prin intermediul mecanismului de *feed-before* (132). Mecanismul de *feed-before* primeşte informaţii atât din mediul intern, cât şi din mediul extern. Informaţiile culese de intero-şi de exteroceptori sunt îndreptate spre sistemul nervos, care prin vasta lui reţea de comunicaţie are posibilitatea de a îndrepta deciziile care rezultă în urma prelucrării lor spre căile de ieşire

cele mai adecvate pentru a preveni tulburările pe care evenimentele ce au generat informaţiile respective le-ar putea produce. La capătul unei astfel de căi se pot găsi şi neuronii secretori ai factorilor de eliberare (HI). Informaţiile sau mai exact deciziile ajunse la aceşti neuroni vor stimula secreţia unor factori de eliberare, care vor stimula secreţia hormonilor tropi hipofizari, care vor stimula secreţia hormonilor periferici capabili să prevină sau să participe la prevenirea tulburărilor pe care evenimentele ce au generat informaţiile respective le-ar putea produce. Aşa apare şi reacţia de stres



Căruia H. Selye (175) i-a descris mai ales componenta hipofizo-corticosuprarenală. Prin stres H. Selye înţelege atât răspunsul organismului la o agresiune, cât şi agresiunea propriu-zisă. Din răspuns el nu a sesizat însă decât

acea latură nespecifică de descărcare a hormonilor hipofizocorticosuprarenali prezentă în orice agresiune, deoarece aceşti hormoni intensifică catabolismul, punând la dispoziţia organismului energia necesară. Înainte de a se produce descărcarea hormonilor hipofizo-corticosuprarenali se produce însă, după cum arată I. Teodorescu-Exarcu (185), o descărcare masivă de catecolamine, adică de adrenalină şi de noradrenalină, de către anumite formaţiuni ale sistemului nervos şi de către medulosuprarenală. Catecolaminele acţionează şi ele asupra organelor care ar putea pune la dispoziţia organismului energia necesară, stimulând, spre exemplu, gli-

Fig. 25. Mecanismul cibernetic de reglare endocrină (după Şt. Milcu). În cadrul lui se pot pune în evidenţă mai multe circuite de *feed-back* între scoarţa cerebrală SE, substanţa reticulată *SR*, sistemul limbic *ST*, hipotalamus *H*, care secretă factorii de eliberare *FE*, hipofiză *Hp*, care secretă hormonii glandotropi *HT*, glandele endocrine periferice *GP* şi organele şi ţesuturile

OT asupra cărora acţionează. *F* ŞI *R* reprezintă ficatul şi rinichiul care intervin în inactivarea şi eliminarea hormonilor.

Cogenoliza hepatică şi lipoliza, ceea ce duce la eliberarea unei cantităţi mai mari de glucoză şi de lipide din depozitele organismului. Catecolaminele mai au însă şi o acţiune vasoconstrictoare, cel puţin asupra unor sectoare vasculare, cum ar fi pielea şi splina, de unde îndreaptă sângele spre organele mai importante, cum ar fi inima şi creierul, care* vor avea astfel o aprovizionare mai bună cu substanţe plastice şi cu oxigen.

După descărcarea de catecolamine, care este foarte scurtă, deoarece catecolaminele sunt metabolizate foarte rapid, se produce o descărcare hipofizo-corticosuprarenală şi în primul rând de hormoni glicocorticoizi, care vor continua şi ei să intensifice metabolismul pentru a pune la dispoziţia organismului energia necesară. Deoarece unele agresiuni ar putea duce şi la pierderea de sânge sau de alte lichide (prin

diaree, vărsături, plasmoragie etc.), reacţiile postagresive duc şi la stimularea de hormon antidiuretic şi de aldosteron pentru reducerea eliminărilor de apă şi de sodiu şi chiar la o creştere a coagulabilităţii sângelui, ceea ce reprezintă o mare imperfecţiune, deoarece majoritatea agresiunilor nu duc la pierderi de lichide, iar creşterea coagulabilităţii sângelui poate contribui la apariţia aterosclerozei.

Dar toate reacţiile substanţial-energetice sunt precedate de nişte procese informaţionale, aşa încât am putea spune că prima fază postagresivă, şi de multe ori chiar preagresivă, este de fapt o fază informaţională (132). Informaţiile generate de agentul patogen sau de situaţia mai deosebită în care se găseşte organismul sunt recepţionate de intero-şi de exteroceptori care le îndreaptă spre sistemul nervos şi mai ales spre acel sistem de alarmă adrenergic, care va elibera prompt catecolamine şi spre neuronii secretori de factori de eliberare, sau de hormon antidiuretic, care vor pune în

funcţiune un mecanism nespecific, mai ales substanţial-energetic. Dar omul nu este o maşină energetică, el este un sistem cibernetic care caută să folosească energia cât mai adecvat-ffiy). De obicei, el reuşeşte să realizeze acest lucru şi să prevină tulburările pe care diferitele agresiuni le-ar putea produce. Când nu reuşeşte să realizeze acest lucru, el poate trece din faza de şoc, sau de contraşoc, în faza de epuizare, pentru că de oricâtă energie şi substanţă ar dispune organismul, el tot nu va putea învinge numeroşii factori agresivi, care acţionează conform celui de-al doilea principiu, dacă nu va folosi în modul cel mai adecvat rezervele de care dispune.

Privind lucrurile sub acest aspect, am putea spune că chiar şi apariţia agresiunii reprezintă de multe ori rezultatul unei defecţiuni a mecanismului de *feed-before*, care avea rolul să o prevină. Dacă din anumite motive nu a reuşit să prevină agresiunea, sau mai bine zis acţiunea ei asupra organismului, atunci din faza informaţională, care aparţine mecanismului de

feed-before, se trece în faza de şoc sau de contraşoc, iar dacă nici acum nu reuşeşte să folosească Sn mod adecvat substanţa şi energia de care dispune, atunci învinge, desigur, cel de-al doilea principiu al termodinamicii.

Pentru a nu ajunge în această situaţie, organismul dispune, pe lângă mecanismele de reglare endocrină, şi de un mecanism de reglare mult mai adecvat şi mai prompt. Punând accentul pe componenta informaţională mult mai rapidă, mult mai promptă, mai subtilă şi mai puţin riscantă, acest sistem reuşeşte să prevină de obicei, sau cel puţin să modereze, acţiunea diferiţilor factori agresivi asupra organismului. Folosind în modul cel mai adecvat acele mici posibilităţi de ordine pe care cel de-al doilea principiu al termodinamicii nu le exclude cu desăvârşire, acest mecanism supraetajat reuşeşte de cele mai multe ori să păstreze identitatea sistemului, în pofida numeroşilor factori perturbanţi. Acest mecanism supraetajat păstrează şi chiar dezvoltă identitatea

organismului cu atâta dezinvoltură, încât iese chiar întărit din confruntarea cu factorii perturbanţi. De aceea H. Selye (175), vorbind de stresul vieţii, îl considera într-o oarecare măsură chiar necesar. Stresul care nu depăşeşte un anumit nivel antrenează şi stimulează parcă sistemul nervos, care este mecanismul supraetajat de mare fineţe şi subtilitate aşezat deasupra tuturor celorlalte mecanisme de reglare.

REGLAREA NEUROPSIHICĂ

Sistemul nervos, ca şi toate celelalte aparate şi sisteme, este alcătuit din celule. În constituţia sistemului nervos intră foarte multe feluri de celule. Două dintre ele au însă o importanţă mai mare: celula nervoasă, sau neuronul, şi celula glială, sau nevroglia. Sistemul nervos este format din aproximativ 14 miliarde de neuroni (7,9).

Neuronul are, ca şi toate celelalte celule, o membrană de 200 – 300 A, care separă gelul coloidal de complexe proteice, dispuse într-o soluţie apoasă de ioni, de mediul extracelular. Datorită permeabilităţii selective a membranei,

care este mai puţin permeabilă pentru sodiu, compoziţia ionică a citoplasmei neuronale diferit de compoziţia ionică a mediului extracelular. În citoplasmă va predomina potasiul iar în mediul extracelular va predomina sodiul. Datorită acestei repartiţii ionice inegale apare o diferenţă de potenţial de aproximativ – 90 mv.

Deşi pot fi de forme foarte diferite, neuronii se caracterizează prin prezenţa unor prelungiri (fig. 26). Din numeroasele prelungiri ale neuronului una este mai lungă şi se numeşte axon, iar celelalte se numesc dendrite. Aceste prelungiri le oferă neuronilor posibilitatea de a se lega Intre ei. Prelungirile unui neuron se pot lega, prin intermediul unor formaţiuni denumite sinapse, cu prelungirile, sau chiar cu corpul, altui neuron şi aşa mai departe, realizând, datorită numărului foarte mare de sinapse posibile, o reţea de comunicaţie de o complexitate fantastică. Această reţea va putea îndrepta informaţiile primite spre oricare dintre căile de ieşire indiferent de calea pe care au intrat. Rolul ei este acela de a oferi

mecanismului de *feed-before* posibilitatea de a îndrepta, de fiecare dată, informaţiile primite spre calea de ieşire care duce la organul a cărui activitate

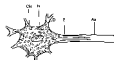


Fig. 26. Reprezentarea schematică a unui neuron (Civ-corpusculii Nisst P-neurofibrile, iST-nucleu, JDdendrite, *Ax-smon*).

Ar fi cea mai adecvată prevenirii sau cel puţin corectării tulburărilor pe care evenimentele care au generat informaţiile respective le-au produs, sau le-ar putea produce. De aceea spre reţeaua nervoasă sunt trimise mereu informaţiile sau mai bine zis semnalele culese de receptorii periferici, adică de acele formaţiuni specializate în sesizarea modificărilor foarte mici de substanţă şi de energie şi de a transforma aceste mici modificări în influx nervos.

— Organismul uman dispune de-o mulţime de exteroceptori câpaEâir5ăr-sesizeze acele” TSâci

modificări care au loc în mediul înconjurător şi ŞTIe transforme în stimuli neryoşi. Variaţiile de lummăsânt transformate în ’stimuli nervoşi la nivelul retinei, sunetul la nivelul urechii, gustul unei substanţe la nivelul mugurilor gustativi, mirosul la nivelul celulelor olfactive, căldura cu ajutorul corpusculilor Ruffini, frigul cu ajutorul corpusculilor lui Krause, presiunea cu ajutorul corpusculilor Vater-Pacini, iar diferitele acţiuni fizice sau chimice, cu ajutorul terminaţiilor nervoase libere de la nivelul pielii şi al celorlalte organe.

Organismul uman mai dispune însă şi de o serie întreagă de mferoceptori cu ajutorui cărora monitorizează far-permanenţa-mediui intern... Astfel, starea de întindere aâmuşchilor este transformată în impulsuri nervoase de către fusurile neuromusculare. Alţi interoceptori sesizează modificările intervenite în starea articulaţiilor. Receptorii din sinusul carotidian şi din arcul aortei sesizează şi transformă în impulsuri nervoase variaţiile de presiune arterială.

Cei din peretele venelor mari şi ai atriilor sesizează şi transformă în impulsuri nervoase variaţiile presiunii venoase. Receptorii din parenchimul pulmonar sesizează variaţiile presiunii alveolare. Anumite celule din hipotalamus pot sesiza variaţiile presiunii osmotice sau ale concentraţiei de glucoză şi aşa mai departe (7).

Semnalele culese de aceşti receptori sunt preluate de nişte neuroni care le îndreaptă apoi spre sistemul nervos contrai. Celulele cu conuri şi bastonaşe din retină, spre exemplu, transformă, prin intermediul unor procese fotochimice, undele electromagnetice, cu o lungime de undă cuprinsă între 400 şi 750 de milimicroni, în impulsuri nervoase. Aceste impulsuri nervoase sunt preluate de nişte neuroni bipolari subiacenţi, ai căror axoni formează nervul optic, care va transmite spre sistemul nervos central semnalele generate de variaţiile de lumină. Dar atât celulele receptoare, cât şi neuronii subiacenţi au un anumit prag. Celulele cu bastonaşe pot sesiza a suta milioana

parte dintr-o lumânare standard. Ele au o atât de mare sensibilitate pentru a putea sesiza energia luminoasă înainte de a fi distruse de ea, ceea ce nu se întâmplă decât la o lumină de o sută de mii de lumânări standard. Celulele cu bastonaşe vor putea deci recepţiona, fără niciun pericol, toate variaţiile luminoase cuprinse între a suta milioana parte şi o sută de mii de lumânări standard.

Dacă stimulii pe care celula cu bastonaşe îi trimite neuronului bipolar depăşesc un anumit prag, atunci ei vor produce detonarea, adică creşterea permeabilităţii membranei neuronale pentru sodiu, care va intra rapid în celulă ducând la dispariţia potenţialului de repaus şi la apariţia unui potenţial de acţiune. Acest potenţial nu rămâne însă la locul unde s-a format, ci se propagă electrochimic, din aproape în aproape, de-a lungul membranei somatodendritice, adică de-a lungul membranei corpului şi a dendritelor până la locul de origine al axonului, unde va determina generarea unor impulsuri de intensitate maximă, ce se vor transmite cu o viteză constantă

până la extremitatea terminală a axonului.

Neuronul funcţionează deci cu un anumit prag. Dacă pragul nu este atins sau depăşit, atunci neuronul nu va transmite niciun semnal de ieşire. Dacă pragul este atins sau depăşit, atunci neuronul va transmite cu propria lui energie nişte semnale de intensitate maximă. Creşterea intensităţii semnalelor de intrare peste acest prag nu va mai influenţa însă intensitatea sau viteza semnalelor emise de neuron. Dependenţa apariţiei semnalelor de ieşire de atingerea sau de depăşirea unui anumit prag, şi independenţa intensităţii lor de variaţiile ulterioare ale semnalelor de intrare, peste acest prag, au dus la formularea legii tot sau nimic, ceea ce ar vrea să însemne că neuronul ori transmite totul, ori nu transmite nimic. Acest lucru nu este însă adevărat decât în ceea ce priveşte amplitudinea semnalelor de ieşire, care ori au o amplitudine zero, ori au o amplitudine maximă. Dar dacă creşterea intensităţii semnalelor de intrare peste pragul de excitabilitate nu mai influenţează în niciun fel

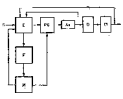
amplitudinea semnalelor de ieşire ale neuronului, ea va influenţa însă frecvenţa lor. Cu cât intensitatea semnalelor de intrare va fi mai mare, cu atât va creşte frecvenţa semnalelor de ieşire emise de neuron. Neuronul codifică deci intensitatea semnalelor de intrare în frecvenţa semnalelor de ieşire după formula: $f = k \log I$, unde f este frecvenţa semnalelor de ieşire, k este o constantă, iar I este intensitatea semnalului de intrare.

Această codificare este mult mai avantajoasă, dacă nu chiar singura codificare posibilă, într-un mediu în care semnalele de intrare pot varia în limite foarte largi. Dacă neuronul ar codifica semnalele în amplitudine, atunci s-ar putea să fie uneori nevoie de intensităţi care ar putea periclita integritatea sistemului. Pentru a evita şi mai mult aceste situaţii şi pentru a folosi cât mai bine procesul de codificare, neuronul foloseşte o codificare logaritmică. Aşa spre exemplu, la o creştere de două ori a intensităţii semnalului de intrare, neuronul nu va creşte semnalul de ieşire,

sau mai bine zis frecvenţa semnalului de ieşire decât cu logaritm de 2, care este O, 3. Astfel, ochiul, urechea şi toate celelalte organe de simţ pot recepţiona şi transmite semnale între nişte limite foarte largi.

Neuronul nu este deci un simplu element al sistemului nervos, deoarece sesizează şi însumează semnalele de intrare, menţine şi modifică valoarea pragului de excitabilitate, generează şi transmite semnalele de ieşire, neuronul este el însuşi un adevărat sistem cibernetic în care se desfăşoară o serie întreagă de procese de reglare (fig. 27).

Ajunse la extremitatea terminală a axonului, semnalele de ieşire sunt decodificate din modularea în frecvenţă şi recodificate într-un cod chimic, formă sub care se transmit informaţiile de la un neuron la altul. Ajunse la extremitatea terminală a axonului, potenţialele de acţiune produc



F în *27*. Modelul cibernetic al neuronului (după C. Bălăceanu şi Ed. Nicolau) S-semnale de intrare, – capacitatea de însumare, PG-pragul de excitabilitate, P-filtrul, ilf-memoria, *-axonul, / – dispozitivul de decodare de la capătul axonului, 2s/-dispozitivul de tradus fenomenul electric în fenomen chimic pentru eliberarea mediatorilor sinaptici.

Eliberarea în fanta sinaptică a unor substanţe chimice, denumite mediatori sinaptici, aşa cum sunt acetilcolina, noradrenalina, dopamina şi serotonina. La capătul terminal al axonului informaţiile sunt trecute deci de pe semnalele electrochimice pe nişte semnale chimice. Prin intermediul sinapsei, mediatorii chimici transportă informaţia până la receptorii de pe membrana neuronului următor, adică până la receptorii postsinaptici. Aici ei produc, ca şi stimulii care au acţionat asupra primului neuron, o

depolarizare care se propagă, din aproape în aproape, până la locul de emergenţă a axonului unde va declanşa generarea unor potenţiale de acţiune, ce se vor transmite de-a lungul axonului până la sinapsa cu neuronul următor şi aşa mai departe (fig. 28).

Toate semnalele culese de interoşi de exteroceptori sunt conduse astfel de-a lungul unor căi aferente spre sistemul nervos central. Semnalele sunt culese, sau mai bine zis preluate, de la celulele receptoare de către prelungirile dendritice ale unor celule nervoase şi conduse centripet spre corpul neuronului situat fie în retină, fie în ganglionii

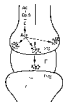


Fig. 28. Transmiterea informaţiilor de la un neuron la altul se face prin intermediul unor sinapse. Ajuns la capătul terminal al axonului, impulsul nervos modulat în frecvenţă, determină

eliberarea unor mediatori chimici, aşa cum este acetilcolina *Ach*, care ajunge prin fanta sinaptică *F* de la membrana presinaptică *PS* la membrana postsinaptică *PPS*, unde acţionează asupra unor receptori specifici, producând depolarizarea neuronului următor.

Cranieni. În legătură cu dispoziţia neuronilor în reţeaua nervoasă este important de remarcat că ei nu sunt răspândiţi difuz, ci sunt grupaţi, sunt aglomeraţi în diferite puncte ale reţelei. Aglomerările de neuroni din afara reţelei centrale, adică din afara sistemului nervos central, se numesc ganglionii iar cele din interiorul reţelei se numesc nucleTT Aşa se face că corpul celulelor nervoase care recepţionează Informaţiile de la nivelul corpului şi de la nivelul membrelor se află în ganglionii spinali, care tocmai de aceea se şi numesc ganglioni senzitivi. Iar celulelor nervoase care recepţionează informaţiile de la nivelul capului se află în nucleii senzitivi ai nervilor cranieni, din creier. De la ganglionii spinali şi de la ganglionii senzitivi ai nervilor cranieni,

informaţiile sunt conduse până la neuronul următor şi aşa mai departe până când, prin prelucrări succesive, semnalele de intrare sunt transformate în semnale de ieşire şi îndreptate spre organele de execuţie cele mai adecvate.

Sistemul nervos dispune deci de nişte căi aferente, care conduc semnalele culese de organele se simţ spre reţeaua" nervoasă şi de nişte căi aterente, care conduc semnalele de ieşire de la reţeaua nervoasa spre organele de execuţie/ flâcazul în care o cale aferentă se continuă direct cu o cale eferentă, activitatea de prelucrare a informaţiilor se reduce la codificarea, decodificarea şi recodificarea succesivă a semnalelor de intrare până ajung la organele de execuţie corespunzătoare. Astfel se desfăşoară automat o serie întreagă de reflexe somatice şi vegetative a căror cale aferentă se continuă direct cu calea eferentă. Aşa spre exemplu, o excitaţie plecată de la fusurile neuromusculare, din tendonul muşchiului extensor, este condusă centripet de către dendritele neuronilor spinali

spre ganglionii spinali şi de aici centrifug spre neuronul motor din cornul anterior al măduvei spinării, care o trimite de-a lungul axonului său la muşchiul din tendonul căruia a plecat, închizând astfel reflexul miotatic şi producând contracţia muşchiului respectiv (fig. 29}.

Astfel de reflexe se produc atât în măduva spinării, unde se închid reflexul miotatic, reflexele cutanate şi reflexul

Fig. 29. Schema reflexului miotatic în care stimulul S, plecat de la nivelul receptorilor din tendonul muşchiului extensor, ajunge la nivelul ganglionului spinal *GS* şi de aici la neuronul motor *MN* din coarnele anterioare ale măduvei spinării, care îl trimite înapoi la muşchiul extensor.

De micţiune, cât şi la nivelul bulbului, unde se închide reflexul de vomă, cel salivar, respirator, cardiovascular şi oculocardiac, la nivelul

protuberanţei, unde se închide reflexul de clipire, reflexul lacrimal, de masticaţie şi de sugere, şi la nivelul mezencefalului, unde se închid reflexele de acomodare şi fotomotor.

În toate aceste cazuri excitaţia pe care a produs-o depolarizarea terminaţiilor nervoase aferente se va transmite din aproape în aproape, până la locul de origine al axonului primului neuron. Dacă excitaţia, sau dacă suma excitaţiilor, depăşeşte un anumit prag, atunci neuronul declanşează apariţia unor potenţiale de acţiune, care vor avea o intensitate maximă şi o frecvenţă variabilă în funcţie de intensitatea excitaţiei respective. Aceste potenţiale de acţiune se vor transmite până la capătul terminal al axonului unde vor determina eliberarea unor pachete, a unor cuante de mediator sinaptic, care trecând prin fanta sinaptică vor determina depolarizarea neuronului următor.

Când extremitatea terminală a căii aferente se continuă direct cu extremitatea proximală a căii eferente fenomenele se reduc deci la transmiterea

în lanţ a semnalelor de intrare, prin codificări, decodificări şi recodificări succesive, până când ajung la organul de execuţie corespunzător. Oricât de complicate ar fi aceste fenomene, ele se petrec automat şi după nişte reguli foarte precise, adică algoritmic.

Prima regulă de prelucrare algoritmică a semnalelor care pleacă de la fusurile neuromusculare ale tendonului rotulian, spre exemplu, este reprezentată de necesitatea depăşirii pragului de excitabilitate. Dacă suma lor depăşeşte pragul de excitabilitate, scăzând potenţialul de repaus cu cel puţin 15 mv, atunci ele vor genera, după nişte reguli precise, nişte potenţiale de acţiune care se vor transmite cu o viteză de 120 în pe secundă, de-a lungul fibrelor senzitive, până la ganglionii spinali. De aici ele vor fi trimise, tot după nişte reguli precise, până la neuronii alfa din coarnele anterioare ale măduvei spinării. Dacă mediatorii chimici eliberaţi la nivelul sinapsei dintre neuronul senzitiv şi neuronul motor vor produce şi ei o reducere a

potenţialului de repaus cu cel puţin 15 mv, atunci neuronul motor va genera nişte potenţiale de acţiune care se vor transmite cu o viteză de 120 în pe secundă până la fibrele muşchiului cvadriceps, care va produce extensia gambei.

Tot după reguli precise se realizează şi reflexele somatice de reglare a compoziţiei sângelui şi a tensiunii arteriale. Variaţiile tensiunii arteriale sunt sesizate de nişte receptori de presiune, sau mai bine zis de întindere, situaţi în sinusul carotidian, în peretele aortei, precum şi în muşchiul cardiac. Dacă întinderea produsă de creşterea tensiunii arteriale reuşeşte să depăşească pragul de excitabilitate, atunci terminaţiile nervoase vor declanşa nişte potenţiale de acţiune care se vor transmite cu o viteză de 25 în pe secundă de-a lungul nervului lui Hering şi al nervului lui Ludwig-Cyon până la centrul vasomotor din bulb. Semnalele transmise vor fi proporţionale cu mărimea tensiunii arteriale conform formulei: f – k logTA, unde / este frecvenţa semnalelor transmise, k este o

constantă, iar *TA* mărimea tensiunii arteriale. Aceste semnale vor fi transmise prin intermediul unor sinapse inhibitorii altor neuroni, care vor determina scăderea tensiunii arteriale. Dacă de la nivelul receptorilor periferici sosesc semnale generate de scăderea tensiunii arteriale, atunci semnalele generate de neuronii din nucleul vasomotor vor fi transmise de-a lungul fasciculului reticulo-spinal, până la nivelul centrilor simpatici medulari. De aici semnalele vor fi transmise, tot după nişte reguli absolut precise, pe calea nervilor simpatici, până la nivelul vaselor sanguine determinând contracţia lor (51).

Deşi reglarea reflexă este foarte utilă, Ea nu este suficienfae adecvată pentru păstrarea stabilităţii unui sistem atât de complex, cum este organismul. Uman. Deoareceea se desfăşoară mai ales după starea semnalelor decât după stai ea suisei caie le-a emis. Netinind seama de întregul context al situaţiei, ea poate li se multe ori chiar periculoasă. De aceea excitanţi neadecvaţi, cum ar fi traumatismele chimice sau fizice, pot determina

– printr-o falsă informare a centrilor de reglare – scăderea tensiunii arteriale, aşa cum se întâmplă de multe ori în infarctul miocardic.

De aceea reglarea reflexă trebuie supusă unui control superior. Aşa spre exemplu, reflexul miotatic este supus unui control din partea substanţei reticulate, care acţionează asupra neuronilor gama din măduva spinrii. Iar centrul vasomotor este supus unui control din partea hipotalamusului şi a scoarţei cerebrale (7).

De aceea majoritatea semnalelor de intrare nu sunt trimise direct spre căile eferente. Intre căile aferente şi căile eferente se interpun o serie întreagă de neuroni de asociaţie. Dacă avem în vedere că sistemul nervos, care primeşte semnale de intrare prin intermediul a trei milioane de fibre aferente, este compus din 14 miliarde de neuroni, înseamnă că fiecare semnal de intrare trebuie să treacă prin 5000 de neuroni de asociaţie înainte de a putea fi îndreptat spre o cale de ieşire. Neuronii de asociaţie îi oferă astfel sistemului nervos posibilitatea de a îndrepta orice semnal de

intrare spre orice cale de ieşire, indiferent de calea pe care a intrat, făcând posibilă o adaptare mult mai fină şi mai nuanţată a organismului la mediul în care se află.

De aceea, procesul de encefalizare, început încă de la viermi prin apariţia ganglionului cerebroid, s-a făcut mai ales pe seama neuronilor de asociaţie, al căror număr a crescut enorm de mult.

Peste structurile vechi s-au adăugat treptat structuri noi. Peste encefalul reptilelor reprezentat în cea mai mare parte de corpii striaţi, adică de nucleii de la baza emisferelor cerebrale, s-a adăugat treptat scoarţa cerebrală, mai întâi paleocortexul şi apoi neocortexul care la om este de 20 de ori mai dezvoltat decât paleocortexul.

Odată cu apariţia scoarţei cerebrale, neuronii nu se mai organizează în nuclei, aşa cum erau organizaţi în formaţiunile mai vechi, ci în straturi. Soar ţa cerebrală a omului este organizată în şase straturi. Stratul I, plexiform sau molecular, conţine mai puţine celule şi mai multe prelungiri.

Stratul II, granular extern, conţine celule granulare şi celule piramidale mici. Stratul III conţine celule piramidale mijlocii. Stratul IV, sau granular intern, conţine celule stelate. Stratul V conţine, pe lângă celulele piramidale mici şi mijlocii, şi nişte celule piramidale mari. Stratul VI conţine celulele fusiforme. În scoarţa cerebrală se află deci mai multe feluri de neuroni: celule piramidale, de mărimi care pot varia între 10 şi 70 microni, celule stelate, celule de formă rotundă, cu dendrite foarte ramificate şi cu axon scurt, celule fusiforme mici şi alungite, celule orizontale Cajal, mici şi cu nucleu mare, celule Martinotti, cu axoni care se ramifică la suprafaţa scoarţei şi în sfârşit, celule polimorfe (59).

Prin apariţia şi prin dezvoltarea scoarţei cerebrale, care cu cei peste 10 miliarde de neuroni, conţine aproape două treimi din neuronii întregului sistem nervos, creierul a ajuns să fie, după cum remarcă E. Pamfil (105), supradiin Cnsionat. Singurul organ insuficeent dezvoltat, la sfârşitul erei terţiare, era, după remarcă J. Huxley,

creierul. Poate celelalte organe atinseseră aproape perfecţiunea. Pentru a atinge şi el perfecţiunea, creierul s-a dezvoltat foarte mult. De la cei 600 cm3, cât avea creierul australopitecului, el a crescut destul de rapid până la 1450 cm3 cât are creierul lui Homo sapiens.

Această supradimensionare nu s-a făcut însă atât pe seama căilor aferente sau eferente, cât pe seama neuronilor intermediari, de asociaţie, care se intercalează între căile aferente şi căile eferente. În scoarţa cerebrală nu se poate vorbi, după cum arată A. Kreindler (59), de un strat receptor, adică aferent şi de un strat efector, adică eferent. În scoarţa cerebrală transmiterea informaţiilor de la căile aferente la căile eferente nu se face direct, ci prin circuite de complexitate crescândă, în care se intercalează o mulţime de neuroni. Fiind formată din 10 miliarde de neuroni de asociaţie, scoarţa cerebrală oferă sistemului nervos libertatea de a conduce semnalele de intrare pe foarte multe căi posibile.

Sistemul nervos dispune deci de două feluri

de căi în funcţie de libertatea ce li se oferă semnalelor care sunt conduse prin ele. El dispune pe de o parte de nişte căi aferente, pe care informaţia culeasă dintr-un anumit punct este obligată să le parcurgă, fără nicio altă posibilitate de alegere. O excitaţie algică, spre exemplu, recepţionată de la nivelul policelui, de către dendritele neuronilor din ganglionii spinali, este obligată să parcurgă fasciculul spino-talamic până la talamus, fără nicio altă posibilitate de alegere. Sistemul nervos mai dispune, pe de altă parte, de nişte căi eferente, pe care un stimul odată angajat, trebuie să le parcurgă, de asemenea, fără nicio altă posibilitate de alegere. De aceea un stimul ajuns la o celulă piramidală mare, care trimite influxul nervos de la ariile motorii ale scoarţei cerebrale spre fibrele musculare, va trebui să străbată în mod obligatoriu unicul drum posibil până la muşchiul respectiv.

Aşa cum în restul sistemului nervos există nuclei senzitivi şi nuclei motori, tot aşa şi la nivelul scoarţei există arii senzitive şi arii motorii.

Reprezentarea senzitivă şi motorie a diferitelor porţiuni ale corpului pe scoarţa cerebrală este proporţională cu utilitatea şi cu utilizarea lor. Astfel, mâna are o reprezentare corticală mult mai mare decât alte porţiuni ale corpului. Schiţând reprezentarea senzitivă şi motorie a diferitelor porţiuni ale corpului pe ariile senzitive şi motorii ale scoarţei cerebrale. W. Penfielda obţinut un homunculus motor şi un homunculus senzitiv (fig. 30).

Un stimul plecat de la o celulă piramidală, care ar corespunde policelui pe homunculusul motor al lui W. Penfied, va trebui să străbată în mod obligatoriu axonul ei până la neuronul intercalar din coamele anterioare ale măduvei spinării şi de aici la neuronul motor periferic din măduva spinării, care îl va transmite mereu aceluiaşi muşchi al policelui.

Dar pe lângă aceste căi aferente şi eferente, unidirecţionale şi relativ rigide, în care un stimul odată intrat trebuie să le parcurgă în mod obligatoriu, fără nicio altă posibilitate de alegere,

sistemul nervos mai dispune şi de nişte căi multidirecţionale care, interpunându se intre căile umdirecţionaIg7” pot conduce de la răspunsurile stereotipe ale reflexelor la nişte răspunsuri mult mar nuanţate şi mai adecvate la diversitatea şi complexitatea mediului extern. La aceste căi multidirecţionale se ajunge cu ajutorul neuronilor de asociaţie prin intermediul cărora se trece de la redundanţa structurală reprezentată de cele 14 miliarde de neuroni la redundanţa combinatorie reprezentată de numărul mult mai mare al combinaţiilor posibile care apar prin legarea între ei a acestor neuroni. Cei aproximativ 7 x 10e neuroni din cortexul uman pot realiza aproximativ io2783000 de circuite (95), în timp ce galaxia noastră nu are mai mult

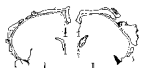


Fig. 30. Homunculusul senzitiv I şi motor II arată că organele care au un rol mai mare în relaţiile organismului cu mediul au o reprezentare

mai bogată pe scoarţa cerebrală.

De IO72 atomi. Apariţia acestui mare număr de circuite a fost necesară pentru a putea face faţă complexităţii şi variabilităţii fenomenelor, adică pentru a putea mnHnre fierar*» semnal pe calea cea mai adecvată în funcţie de situaţiile foarte variabile în care el ar putea apărea. JL>e aceea semnalele primite nu mai sunt trimise direct spre căile eferente. Ele sunt trimise spre neuronii de asociaţie din această complicată reţea.

Formaţiunile mai vechi, cum sunt măduva, bulbul, protuberanţa şi mezencefalul, nu au numai funcţia de a îndeplini reacţiile reflexe, ci şi funcţia de conducere a informaţiilor primite spre formaţiunile mai înalte ale sistemului nervos, în formaţiunile mai înalte, cum ar fi diencefalul, acea prelungire a trunchiului cerebral care ajunge până sub emisferele cerebrale (formată şi ea la rândul ei din mai multe formaţiuni, cum sunt hipotalamusul, subtalamusul, metatalamusul şi talamusul), începe o integrare a semnalelor primite pe diferite căi. Cu excepţia sensibilităţii

olfactive, toate căile aferente fac sinapsă în diencefal. Astfel, fasciculul spino-talamic anterior ce conduce sensibilitatea tactilă, fascicolul spino-talamic lateral ce conduce sensibilitatea termică şi dureroasă; lemniscul median ce conduce sensibilitatea proprioceptivă conştientă, lemniscul frigeminal ce conduce sensibilitatea de la nivelul feţei, fibrele căii gustative şi o parte din fibrele optice, fac sinapsa în talamus. Iar fibrele căii optice şi acustice fac sinapsa în corpii geniculaţi mediani şi laterali din metatalamus. Toate aceste semnale sunt îndreptate deci spre formaţiunile mai înalte ale sistemului nervos pentru a fi reintegrate. Reintegrarea este necesară, după cum arată C. S. Sherrington (1777), deoarece receptorii periferici nu sesizează şi nu transmit decât aspecte unilaterale şi fragmentare din diversitatea şi unitatea lumii înconjurătoare. Iar sistemul nervos nu poate ajunge la deciziile cele mai adecvate pentru reglarea unui sistem foarte complex doar pe baza unor semnale atât de parţiale.

Pentru a putea realiza reglarea unui sistem atât de complex, cum este orgamsmul urnan, sistemul nervos are nevoia de foarte multe informaţii. „Informaţia este materia primă a creierului fiZ5), care – spre deosebire de alte organe profilate pe prelucrarea substanţei şi energiei – s-a profilat pe prelucrarea informaţiei (145). Complexitatea derivă însă din faptul că sistemul nervos nu primeşte direct informaţia de care are nevoie (160). El nu primeşte din afară decât nişte semnale. Este adevărat că semnalele respective sunt purtătoarele informaţiei. Dar ele nu pot fi totuşi confundate cu informaţia pe care o poartă, deoarece semnale asemănătoare pot aduce informaţii foarte diferite, iar semnale diferite pot aduce informaţii asemănătoare. Aşa spre exemplu, dacă un semnal emis de o sursă care poate emite trei semnale aduce o informaţie de 1,5 biţi, acelaşi semnal dacă va fi emis de o sursă care poate emite numai două semnale va aduce o informaţie de un bit.

Informaţia depinde mai mult de structura

sursei decât de structura semnalului care o transportă. Acest lucru poate fi subliniat şi de faptul că, lnnd partea cea mai comunicabilă a realităţii, informaţia poate trece de pe un semnaljte altul. De aceea numeroasele semnale pe care le primeşte în permanenţă sistemul nervos nu reprezintă decât nişte mijloace de transmitere a informaţiei. Iar sistemul nervos va trebui să le supună unor prelucrări foarte complicate pentru a putea descoperi informaţia pe care o aduc, adică starea sursei care le-a emis (158).

Dar pentru că prin căile sale de comunicaţie, sistemul nervos nu poate transmite semnale termice, acustice sau luminoase, el trebuie să treacă, mai întâi semnalele primite la nivelul receptorilor periferici, pe nişte stimuli nervoşi, pe trenurile de undă, cum li se mai spune succesiunilor de stimuli nervoşi. Aceste trenuri de undă sunt generate şi transmise pe cheltuiala energetică a sistemului. De aceea creierul consumă o mare cantitate de energie. Deşi este un organ informaţional şi nu cântăreşte decât 2% din

greutatea organismului, îl mrftirrmJE5a% din cantitatea de oxi-„gen (y). Fund obligat să realizeze în permanenţă cel puţin o-anumită reglare internă, creierul are în permanenţă un metabolism foarte ridicat, care nu creşte decât cu 4% în timpul unei activităţi intelectuale. Cu ajutorul acestei cheltuieli energetice creierul dobândeşte, pe lângă bariera hematoencefalică, care opreşte intrarea în sistemul nervos a substanţelor străine, şi o barieră energetică, careopreşte Intrarea în sistemul nervos a energiilor străine.

Xpate procesele care se desfăşoară în sistemul nervos se produc cu propria sa energie, linergia pe care o aduc semnalele nu realizează decât trecerea elementelor instabile de la nivelul receptorilor periferici, cum ar fi rodopsina, dintr-o stare în alta. Restul proceselor se desfăşoară pe cheltuiala energetică a sistemului. De aceea intensificarea proceselor informaţionale este întovărăşită şi de intensificarea proceselor metabolice. Iar pentru proreselor metabolice

presupune şi intensificarea irigaţiei sanguine devine posibil studiul proceselor informaţionale prin Tfitermediul intensităţii debitului sanguin în diferitele formaţiuni cerebrale (53).

Fiind generate de nişte semnale unilaterale, trenurile de undă care sunt transmise de-a lungul căilor aferente nu reflectă deci decât nişte aspecte parţiale ale realităţii înconjurătoare. Cele care se transmit de-a lungul căii optice nu reflectă decât variaţiile undelor de lumină, iar cele care se transmit de-a lungul căii acustice nu reflectă decât variaţiile undelor acustice.

Pornind de la aceste trenuri de undă cu o încărcătură informaţională destul de săracă, sistemul nervos va trebui să descopere însă informaţiile de care are nevoie pentru reglarea, comportamentului uman. Desigur că informaţia pe care o va. Destupeil Sistemul nervos este cuprinsă în trenurile de undă care sosesc de la receptorii periferici. Dar ea nu este cuprinsă în unul sau în altul din aceste trenuri, ci în modul în care se combină între ele. De aceea, pentru a putea

descoperi informaţia pe care o aduc trenurile de undă, sistemul nervos va trebui să recunoască diferitele combinaţii posibile. Iar recunoaşterea diferitelor combinaţii posibile se face prin intermediul procesului de superizare, adică de trecere de la o mulţime de semnale elementare la un semnal superior, cum ar fi trecerea de la o mulţime de litere la un cuvânt, de la o mulţime de cuvinte la o propoziţie, de la o mulţime de propoziţii la o frază, de la o mulţime de fraze la o idee şi aşa mai departe (167).

Cu ajutorul procesului de superizare, sistemul nervos realizează o recunoaştere secvenţială, corespunzătoare structurii sistemice a mediului înconjurător, care este format dintr-o mulţime de sisteme lormate la rândul lor dintr Q mulţime de subsisteme şi aşa mai departe. Tar sistemul nervos caută să recunoască starea sursei care a emis semnalele respective, tocmai prin reintegrarea într-un sistem a semnalelor emise de subsistemele sursei respective. Aşa spre exemplu, sistemul nervos va recunoaşte un tablou pierind

de la cuh. Sistemele” adică de la punctele, liniile şi figurile din cam el este aicatuit. Fentni a putea recunoaşte starea surse* de emisie, el trebuie să reintegreze semnalele elementare, în subsisteme din ce în ce mai înalte, cum ar fi punctele în linii, liniile în figuri şi figurile în concepţia tabloului respectiv. El va trebui deci să treacă treptat de la semnalele interioare la semnale superioare, sau de la semne la supersemne. De aceea, procesul de integrare prin trecerea succesivă de la o mulţime de semnale inferioare la un semnal superior a fost denumit proces de superizare (17,37,72).

Desigur că pentru a putea desfăşura acest proces, sistemul nervos trebuie să dispună de o structură şi de programele corespunzătoare. Noi am arătat că el dispune de o astfel de structură (167). Neuronii din care este format reprezintă în mod normal, împreună cu intrările şi ieşirile lor, nişte circuite logice capabile să treacă de la o mulţime de semnale inferioare la un semnal superior.

Aşa spre exemplu, un neuron cu un prag de

excitabilitate care nu poate fi depăşit decât dacă primeşte semnale pe toate căile de intrare, formează împreună cu prelungirile sale un circuit logic conjunctiv (fig. 31). El nu va emite semnale de ieşire decât dacă primeşte semnale pe toate căile de intrare. Iar semnalul pe care îl emite atunci când primeşte semnale pe toate căile sale de intrare va fi un semnal de ordin superior. Dacă semnalele de intrare vor reprezenta nişte litere, atunci semnalul de ieşire va reprezenta o silabă sau un cuvânt.

Iar dacă semnalul de ieşire al neuronului respectiv va reprezenta un semnal de intrare pentru un alt neuron şi aşa mai departe, atunci reţeaua neuronală care ia naştere va realiza recunoaşterea, prin superizări succesive, a sursei care a emis semnalele respective (fig. 32).

Pentru a lua naştere o astfel de reţea neuronală, adică pentru ca neuronii să nu emită semnale de ieşire decât atunci când primesc o anumită combinaţie de semnale de intrare, este necesar, mai întâi, un proces de structurare a

reţelei neuronale. Acest proces este posibil datorită faptului că semnalele primite de la diferitele surse influenţează metabolismul diferitelor substanţe, cum ar fi acizii nucleici (52) şau proteinele (190). G. Ungar (190) arată, în acest sens, că baza moleculară a memoriei este reprezentată de nişte proteine specifice, cu o greutate moleculară de aproximativ 1000. De aceea puromicina şi actinomicina, care blochează sinteza proteinelor, îngreuiază procesul de învăţare a refle-

Fig. 31. Un neuron care are trei intrări şi un prag de excitabilitate *P* care nu poate fi depăşit decât de suma celor trei intrări va forma un circuit logic conjunctiv, care, după cum se vede în tabelul de adevăr, nu va emite un semnal de ieşire *y* decât atunci când primeşte toate semnalele de intrare

Fig. 32. Dacă semnalul de ieşire al unui neuron este trimis ca semnal de intrare către alt neuron se poate realiza o superizare succesivă a semnalelor primite şi recunoaşterea sursei care le-a emis în toată complexitatea ei. Dacă neuronii reprezentaţi în figură primesc semnalele l-4, atunci circuitul neuronal va emite semnalul superior cuvântului casă, iar] dacă primesc semnalele 3 – 7, va emite semnalul superior corespunzător cu vântului săpun.

Xelor condiţionate. Peptidele acestea, a căror sinteză este declanşată de trecerea semnalelor prin sinapsă, ar stabili legăturile dintre diferiţi neuroni, făcând ca ele să fie conduse pe o anumită-cale din mulţimea căilor posibile. Din creierele câtorva mâf de şobolani, Cărora li s-a indus prin reflexe condiţionate repulsia faţă de întuneric, G. Ungar a extras un polipeptid format din 15 aminoacizi, pe care l-a denumit

scotofobina. Injectarea scotofobinei la alţi şoareci, care au după cum se ştie o preferinţă înnăscută pentru întuneric, a determinat o repulsie faţă de întuneric. Tot în acest sens.

H. Hyden (52) a constatat că excitarea aparatului vestibular, adică a receptorilor care sesizează poziţia organismului, spre exemplu prin obligarea şobolanilor să se balanseze pe o sârmă înainte de a ajunge la hrană, creşte cu 25% cantitatea de AM din nucleul vestibular, la care ajung semnalele culese de aparatul vestibular.

Prin influenţele pe care le exercită asupra metabolismului, semnalele emise de diferite surse nu pot să nu influenţeze şi pragurile de excitabilitate şi transmiterea sinaptică, ducând astfel la selecţionarea şi la combinarea în diferite feluri a circuitelor logice, de care dispune în mod potenţial sistemul nervos. Astfel, sistemul nervos este un organ, sau mai bine zis singurul organ, capabil să se structureze şi să se restructureze sub influenţa informaţiilor primite. Iar circuitele logice care se formează sub influenţa semnalelor

primite devin capabile să jecunoască apoi în semnalele respective sursa care le-a emis.

Modelul Tritem al lumii-înconjurătoare este reprezentat astfel în structura logică a sistemului nervos (148). Influenţa pe care o au semnalele primite asupra metabolismului, adică baza moleculară a memoriei, nu ar avea nicio valoare dacă ea nu ar duce la apariţia şi la modificarea unor circuite logice. Modelul logic al unei surse este cuprins într-o reţea neuronală de forma unui trunchi de con, cu baza la nivelul receptorilor, de la care pleacă semnalele aferente şi care prin superizări succesive se tot restrânge treptat până ajunge la nivelul scoarţei cerebrale.

Modelele interne se întrepătrund însă foarte mult, deoarece un neuron poate aparţine în acelaşi timp mai multor

I’ig. 33. Neuronul. V aparţine în acelaşi timp atât modelului I, cât şi modelului II, care devin

astfel nişte modele vagi.

Modele interne (fig. 33). Modelele interne devin astfel nişte mulţimi vagi ale căror elemente nu le aparţin în totalitate, ci doar în anumite grade (200). Tocmai pentru că neuronii pot aparţine mai multor modele interne, memoria, învăţarea, ca şi conştiinţa, nu pot fi localizate într-o anumită porţiune a sistemului nervos.

Între unităţile funcţionale de la nivelul scoarţei, capabile de a recunoa e-orantnnită sursă, se stabilesc apoi o mulţime de legături. Acestea vor reprezenta modelul-relaţiilor dintre diferitele surse. Iar legăturile* care se stabilesc între circuitele care stabilesc relaţiile dintre diferitele surse vor reprezenta modelul relaţiilor dintre relaţii şi aşa mai departe până la nivelul" modereâor ogâco în ăfefBfattce care reţin mai ales regulile şi legile He desfăşurare a fenomenelor (fig. 34). Cu ajutorul acestor modele sistemul nervos poate recunoaşte nu numai starea surselor, ci să prevadă – pe baza relaţiilor de cauzalitate – şi evoluţia lor. Aceasta îi oferă posibilitatea de a

regla starea elementelor nu numai în funcţie de evenimentele care s-au-prodns, ci-şi în funcţie de evenimentele care s-ar putea produceâceea ce este extrem de necesar pentru funcţionarea mecanismului de *feed-before*.

Reţelele ’neuronale capabile să recnnoasră şi rhiar să anticipeze evoluţia fenomenelor funcţionează de obicei automăf şi inconştient/ Semnalele elementare care sosesc de-la nivelul organelor de simţ antrenează în mod automat anumite circuite logice. Semnalele de ordin superior care ies din aceste circuite logice vor antrena şi ele în mod auto-

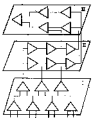


Fig. 34. Reprezentarea schematică a modului în care iau naştere modelele interne ale sistemului nervos sub influenţa semnalelor pe care le primeşte din afară. Mai întâi apar modelele obiectelor şi fenomenelor I, apoi modelul relaţiilor

dintre ele II, iar apoi modelul relaţiilor dintre relaţii III.

Mat circuitele logice următoare şi aşa mai departe până la rezolvarea problemei pe care o pun semnalele respective.

Pe măsură ce parcurg diferitele circuite logice, în cadrul procesului de superizare, semnalele devin treptat semne. Semnele nu mai reprezintă numai un mijloc de transmitere *M* a informaţiilor, ci şi relaţia *R* care se stabileşte între mijloacele *M* sau mai bine zis între sursa *o* care le-a emis şi sistemul S care le recepţionează. Adică semnalul devine: semnal = *R* (*M*, *O*, S), după cum arată M. Bense (17). În felul acesta semnalele încep să câştige o anumită semnificaţie. Iar ceea ce ajunge de fapt la nivelul conştiinţei nu va mai fâuâânirmăxlmens de semnate Inferioare, câun număr mult mai mic de semne superioare, de supersemne, diâlmagini şi idei. Condensând cei IO7 biţi care sosesc în fiecare secundă ce la nivelul organelor de simţ, în cei 16 biţi care sunt trimişi până la nivelul conştiinţei (37), procesul de

superizare reprezintă şi un foarte bun mijloc de protecţie antiinformaţională a organismului, care apără nivelele mai înalte ale sistemului nervos de o supraîncărcare cu semnale elementare. – De cele mai multe ori, datorită diversităţii fenomenelor, procesul de superizare nu se poate desfăşura chiar atât de simplu şi de automat, fie pentru că circuitele logice nu primesc toate semnalele necesare pentru a putea emite semnale de ordin superior, fie pentru că ele nu sunt încă structurate pentru a putea superiza semnalele primite. Incertitudinea care apare în aceste cazuri este sesizată la nivelul conştiinţei care supraveghează procesul de superizare în sensul rezultatelor la care ajunge sau ar trebui să ajungă. Dacă procesul de superizare nu poate duce la nişte semnale de ordin superior, atunci sistemul va căuta conştient informaţii suplimentare, atât în memoria sa, cât şi în mediul extern pe care îl va explora mult mai sistematic. Va efectua observaţii şi experienţe adecvate. Dacă nici semnalele culese ulterior nu vor putea fi superizate, atunci vor fi

conduse şi ele până la nivelul conştiinţei, care este indisolubil legată de modelul relaţiilor dintre diferitele obiecte şi fenomene. De aceea la nivelul conştiinţei semnalele sunt prelucrate în funcţie de relaţiile pe care le au sau le-ar putea avea cu celelalte semnale. În felul acesta sistemul caută să găsească o cale de ieşire, să emită o ipoteză, care să rezolve cât mai bine incertitudinea pe care semnalele mai puţin cunoscute au creat-o.

De aceea nu numai semnalele de ordin superior, ci şi semnalele elementare, care nu au putut fi superizate, pot ajunge până la nivelul conştiinţei. Iar rezolvarea incertitudinii prin intermediul prizei de conştiinţă influenţează apoi structura logică a sistemului nervos pentru a efectua superizarea în funcţie de ipotezele elaborate. De aceea unele metode de psihoterapie caută să conştientizeze conflictele interne pentru a putea ajunge la rezolvarea lor.

Fiind însă un sistem dinamic, care se află în mijlocul unor alte sisteme dinamice, creierul trebuie să ia în considerare şi factorul timp. Cu

ajutorul proprietăţii de remanenţă, neuronii au posibilitatea de a emite un semnal de ieşire nu numai atunci când semnalele de intrare sosesc simultan, ci şi atunci când semnalele de intrare sosesc succesiv, la anumite intervale de timp. În felul acesta, sistemul nervos nu dispune numai de circuite logice organizate în spaţiu, ci şi de circuite logice organizate în timp, deoarece unii neuroni vor emite semnale de ieşire şi atunci când primesc o anumită succesiune de semnale la scurt interval de timp. Sistemul nervos dobândeşte astfel, pe lângă dimensiunea sa spaţială, şi o importantă dimensiune temporală. Fără această dimensiune temporală mesajele acustice, spre exemplu, care se succed la anumite intervale de timp, nu ar putea fi superizate.

De multe ori însă, nici prin căutarea de noi informaţii în memorie şi nici prin căutarea de noi informaţii în mediul extern, sistemul nu ajunge totuşi să dispună de toate semnalele necesare circuitelor logice conjunctive pentru a putea desfăşura procesul de superizare. Pentru a face

posibilă desfăşurarea lui şi în aceste situaţii care sunt destul de frecvente, sistemul nervos trebuie să apeleze şi la alţi operatori logici, care derivă şi ei din proprietăţile naturale ale neuronilor. Aşa spre exemplu, un neuron cu un prag care poate fi depăşit de oricare din intrările sale, va forma un circuit logic de disjuncţie care va emite un semnal de ieşire la primirea unuia sau altuia dintre semnalele de intrare (fig. 35). Neuronul care are pe lângă intrările excitatoare şi nişte intrări inhibitoare va forma un circuit logic de negaţie, în care intrările inhibitoare vor putea anula intrările

Fig. 35. Un neuron cu pragul de excitabilitate *P*, care poate fi depăşit de oricare dintre intrările sale, va emite un semnal de ieşire *y* sau va primi unul sau altul dintre semnalele de intrare, devenind astfel un circuit logic disjunctiv.

Excitatoare. Datorită faptului că pot avea

până la 100.000 de semnale de intrare (58), unii neuroni pot forma circuite logice conjunctivo-disjunctive, sau chiar conjunctive, disjunctive şi de negaţie în acelaşi timp. Dacă pragul de excitabilitate nu poate fi depăşit decât de mai multe din intrările sale, atunci neuronul va forma împreună cu intrările respective un circuit logic conjunctiv. Dar nefiind vorba de anumite intrări, ci doar de necesitatea depăşirii unui anumit prag, oricare din combinaţiile posibile vor putea depăşi acest prag vor determina emiterea unui semnal de ieşire, neuronul formând astfel un circuit logic disjunctiv. Dar pentru că semnalele primite prin intermediul sinapselor inhibitoare vor putea anula semnalele primite prin intermediul sinapselor excitatoare, neuronul va funcţiona în acelaşi timp şi ca circuit logic de negaţie (fig. 36). Aceste circuite logice sunt necesare mai ales pentru elaborarea modelului privind relaţiile, foarte complicate, dintre diferitele obiecte şi fenomene.

Dar nici cu ajutorul acestor operatori logici, sistemul nervos nu reuşeşte să prelucreze de cele

mai multe ori semnalele incomplete pe care le primeşte. De aceea pentru a putea selecţiona semnalele de ieşire corespunzătoare sistemul nervos trebuie să apeleze de obicei şi la circuitele logice de disjuncţie exclusivă, la care se ajunge prin intermediul unor sinapse inhibitoare încrucişate. Dacă toate sem-

Fig. 36. Un neuron care are şi sinapse inhibitoare poate funcţiona ca un circuit logic de negaţie, deoarece semnalele inhibitoare pot anula semnalele primite prin intermediul sinapselor excitatoare.

Nalele de intrare, care sosesc la un neuron, sunt trimise subforma unor sinapse inhibitoare către un alt neuron, ele vor putea anula semnalele de intrare ale neuronului respectiv. Iar dacă acesta trimite şi el, la rândul său, semnalele sale de intrare prin intermediul unor sinapse

inhibitoare încrucişate celuilalt neuron, atunci neuronul care a primit mai multe semnale de intrare va putea anula semnalele neuronului care a primit mai puţine semnale de intrare (fig. 37) Circuitele logice de disjuncţie exclusivă oferă astfel sistemului nervos posibilitatea de a selecţiona semnalul de ieşire cel mai probabil. Cu ajutorul circuitelor logice de disjuncţie exclusivă sistemul nervos trece de la logica bivalentă, în care nu existau decât două valori posibile, de fals şi de adevăr, la o logică polivalentă în care există o mulţime de valori probabile. Dacă circuitele conjunctive emit un semnal de ieşire numai atunci când primesc toate semnalele de intrare necesare (adică funcţionează după legea tot sau nimic, prezent sau absent, adevărat sau fals), circuitele logice de disjuncţie exclusive pot emite semnale de ieşire şi în situaţii

Big. 37. Prin intermediul unor sinapse inhibitoare încrucişate se poate ajunge la un circuit logic de disjuncţie exclusivă, capabil să selecţioneze semnalele cele mai probabile chiar şi atunci când circuitele logice conjunctive nu primesc toate semnalele necesare pentru a emite un semnal de ieşire cu valoare de certitudine. Dacă probabilitatea *P* depinde de raportul dintre numărul de evenimente favorabile în şi numărul tuturor evenimentelor posibile n, adică P = m/n, atunci probabilitatea ca neuronul *A* care primeşte trei semnale de intrare să emită un semnal de ieşire *y1* va fi *P* = 3/8 = O, 37, iar probabilitatea ca neuronul *B* să emită un semnal de ieşire *y*% va fi P = 2/8 = O, 23. Sinapsele inhibitorii încrucişate ale neuronului *A* vor reuşi să anuleze intrările neuronului £, selecţionând astfel semnalul *yi* care este cel mai probabil.

Intermediare, funcţionând deci cu o serie întreagă de valori, ceea ce face ca deciziile la care se ajunge să fie mult mai nuanţate. Plecând de la o premisă adevărată şi o premisă posibilă, circuitele

logice care lucrează cu mai multe valori vor putea ajunge la o decizie posibilă, aşa cum se întâmplă în logica polivalentă a lui Luckasiewicz (35).

Lucrând cu o logică probabilistă, polivalentă, sistemul nervos va putea recunoaşte diferitele obiecte şi fenomene şi în ipostazele lor mai puţin caracteristice. Lucrând cu probabilităţi, el poate aprecia cantitatea de informaţie pe care o aduc fenomenele respective, poate aprecia, poate anticipa nu numai evoluţia fenomenelor strict determinate, ci şi evoluţia fenomenelor întâmplătoare.

Deşi omul este conştient mai mult de aspectul calitativ al informaţiei, adică de obiectele şi fenomenele pe care le recunoaşte în semnalele primite, el apreciază în acelaşi timp şi aspectul cantitativ al informaţiei. Acest lucru poate fi demonstrat de faptul că semnale asemănătoare sunt prelucrate diferit în funcţie de cantitatea de informaţie pe care o aduc. Semnalele care aduc o informaţie mai mare sunt conduse pe căi mai lungi, deoarece apărând dintr-un repertoriu mai

mare de obiecte şi fenomene vor antrena un număr mai mare de circuite logice pentru superizare şi prelucrare (l 58).

Desigur că informaţia descoperită de sistemul nervos nu poate fi absolut identică cu informaţia emisă de sursă, deoarece nici probabilităţile subiective, cu ajutorul cărora sistemul nervos determină mărimea informaţiilor pe care le descoperă, nu sunt absolut identice cu probabilităţile obiective de desfăşurare a fenomenelor. Probabilităţile logice şi subiective depind de modul în care semnalele primite au influenţat structura logică a sistemului nervos, dar şi de factorii motivaţionali şi afectivi, care fac ca anumite semnale să fie supraapreciate în defavoarea altora. Cu cât informaţia descoperită va fi mai mare, cu atât ea va necesita o reajustare mai mare a mecanismelor de reglare pentru a putea readapta sistemul la noua situaţie. Şi pentru că readaptarea presupune un anumit risc, informaţia este anxiogenă (118). Atunci când sistemul poate prevedea însă dinainte, cu ajutorul

probabilităţilor subiective şi al relaţiilor de cauzalitate dintre fenomene, cuprinse în modelul relaţiilor, apariţia unor semnale, acestea vor deveni redundante. Semnalele redundante, putând fi dinainte prevăzute, nu mai aduc nicio noutate. Ele nu necesită reajustarea mecanismelor de reglare, indicând chiar că ele funcţionează normal. De aceea redundanţa este sedativă (166).

O anumită cantitate de redundanţă este absolut necesară, nu numai pentru combaterea anxietăţii, ci şi pentru interpretarea semnalelor care aduc noutatea generată de mediu. Fără o anumită cantitate de redundanţă nu poate fi interpretată noutatea pe care o aduc diferitele semnale. Creierul nu poate interpreta semnalele care nu conţin o anumită cantitate de redundanţă, deoarece nu dispune de criteriile după care să poată îndrepta semnalele respective pe anumite căi. Redundanţa este cea care indică drumul pe care trebuie conduse semnalele noi şi mai puţin cunoscute (fig. 38). De aceea arta abstractă, care aduce o informaţie foarte mare şi o redundanţă

foarte mică, este foarte greu de interpretat (72). Sistemul nervos caută însă să reducă noutatea derutantă pe care i-o aduc diferitele semnale. El caută să descopere o anumită redundanţă cu care să tragă pe un anumit drum şi semnalele neredundante, care aduc o noutate foarte mare. Prin descoperirea redundanţei pe care o aduc diferitele semnale se stabileşte, spre exemplu, reflexul condiţionat, în care asocierea unor sem-

Fig. 38. Semnalele redundante sunt necesare pentru a îndrepta semnalele mai puţin cunoscute pe căile cele mai adecvate. Semnalele mai puţin cunoscute sosite la neuronul C nu vor putea fi superizate, deoarece ele nu sunt întovărăşite de semnalele redundante necesare (reprezentate cu linie groasă). De aceea circuitul neuronal va emite semnalul de ieşire *ylf* deoarece semnalele mai puţin cunoscute sosite la neuronul *A* au fost întovărăşite de semnalele redundante necesare

superizării.

Nale specifice, cum ar fi cele generate de alimente, duce cu timpul la conducerea semnalelor nespecifice pe calea corespunzătoare semnalelor specifice. De aceea dacă apariţia liranei este asociată de mai multe ori cu sunetul unui clopoţel, atunci sunetul clopoţelului va putea determina singur apariţia salivaţiei (104).

Pentru a putea realiza însă o reglare cât mai adecvată, sistemul nervos trebuie să aibă în considerare nu numai structura semnalelor pe care le primeşte, aşa cum se întâmplă în reflexele somatice sau vegetative, ci şi întregul context al situaţiei în care apar semnalele respective. De aceeareglarea reflexă, care lucrează cu semnale elementare, este supusă unui permanent control superior. Desigur că pentru a putea exercita un coiitlul cât mai „eficace, formaţiunile superioare trebuie să supună semnalele primite unor prelucrări cât mai nuanţate, pentru a avea în considerare nu numai starea unui semnal, ci întregul context al situaţiei. Aceasta nu înseamnă

însă că hipotalamusul, care primeşte semnale de origine optică, acustică, gustativă, olfactivă şi tactilă, nu va putea continua prelucrarea algoritmică. Superizarea necesară descoperirii stării surselor care au generat semnalele respective se poate desfăşura şi algoritmic. Dacă suma algebrică a semnalelor care sosesc la neuronii nucleului ventromedial din hipotalamus, spre exemplu, nucleu care este considerat ca centru al foamei, depăşeşte pragul de excitabilitate, atunci neuronii respectivi vor emite nişte potenţiale de acţiune, care vor determina declanşarea unui comportament care să ducă la creşterea ingestiei alimentare.

Semnalele generate de hipotalamus vor putea realiza o reglare ceva mai eficace, deoarece rezultă din integrarea şi prelucrarea mai multor semnale de intrare. Dar nici hipotalamusul nu realizează o superizare prea înaltă. De aceea activitatea hipotalamusului este şi ea controlată de scoarţa cerebrală, care realizează superizarea cea mai înaltă. Şi acest lucru este foarte

important, deoarece informaţia este materia primă a creierului (125) şi de modul în care se desfăşoară procesul de superizare, prin intermediul căruia se descoperă informaţia necesară, va depinde eficacitatea activităţii mintale şi gradul de inteligenţă al individului (153,167). Nu toţi oamenii superizează la fel. Nu toţi au nevoie de acelaşi număr de semnale elementare şi de acelaşi timp pentru a ajunge la semnalele de ordin superior. Pe de altă parte, nu toţi oamenii ajung la acelaşi nivel de superizare. Când folosesc limbajul ştiinţific realizează o superizare mai înaltă decât atunci când folosesc limbajul uzual, care este mult mai vag. Iar atunci când folosesc limbajul logico-matematic realizează o superizare şi mai înaltă, în care obiectele şi fenomenele sunt reprezentate simbolic, pentru a putea scoate şi mai bine în evidenţă relaţiile care există între ele. Cu cât realizează o superizare mai înaltă, cu atât individul va lucra cu concepţii şi cu idei mai înalte.

Dar şi superizarea cea mai înaltă se poate

realiza prin prelucrarea algoritmică a semnalelor de intrare, deoarece operatorii logici ai sistemului nervos funcţionează după nişte reguli foarte precise. De multe ori însă, numărul de operaţii, pe care ar trebui să le efectueze devine atât de mare, încât sistemul nervos este obligat să renunţe la prelucrarea algoritmică, după regulile precise, pas cu pas. Aşa spre exemplu, jucătorul de şah, pentru a putea efectua o mutare trebuie să o aleagă din IO80 de variante posibile. Chiar dacă el ar putea prelucra IO12 variante pe secundă, ceea ce ar fi de domeniul fantasticului, tot i-ar trebui IO98 ani pentru a putea alege algoritmic o mutare (16). De aceea omul nu poate lucra numai algoritmic. El nu poate rezolva pas cu pas, aşa cum necesită metoda algoritmică, complicatele probleme cu care este confruntat. Chiar şi atunci când dispune de regulile necesare, el este obligat să apeleze la prelucrarea euristică, cu care să realizeze o reducere drastică a numărului de operaţii pe care trebuie să le efectueze, pentru a putea prelucra semnalele respective în timp util.

Capacitatea de prelucrare euristică este cea care îl deosebeşte pe om de toate celelalte animale, al căror comportament, oricât ar fi de complicat, este reglat totuşi prin intermediul unor programe mult mai algoritmice. Tot capacitatea de prelucrare euristică este cea care deosebeşte creierul uman de orice calculator electronic. Calculatorul electronic nu poate funcţiona decât după nişte reguli precise, în timp ce creierul uman poate lucra şi după reguli mai puţin precise (14,58). Aceasta îi oferă creierului posibilitatea de a prelucra semnale pentru care nu dispune de reguli precise de prelucrare, precum şi posibilitatea de a rezolva în timp util problemele cele mai complicate, fără a efectua toate operaţiile pe care le-ar solicita rezolvarea lor algoritmică.

Prelucrarea euristică este declanşată de apariţia unor semnale mai puţin cunoscute pentru care nu există reguli precise de prelucrare, sau de imposibilitatea efectuării în timp util a tuturor operaţiilor pe care le solicită prelucrarea lor algoritmică.

Toate semnalele aferente sunt conduse algoritmic până la un anumit nivel. Apoi chiar de la nivelul hipotalamusului ele încep să fie superizate. La nivelul ariilor de asociaţie 1» la nivelul scoarţei cerebrale, superizarea atinge punctul culminant. Informaţiile descoperite la nivelul ariilor de asociaţie vor fi apoi trimise atât spre lobul frontal, cât şi spre sistemul limbic, sau creierul afectiv cum i se mai spune (113).

Dacă semnalele care ajung la sistemul limbic sunt insuficient superizate, atunci ele vor declanşa reacţia de orientare la care va participa, desigur, şi substanţa reticulată (170). Iar prin intermediul hipocampului vor determina mobilizarea unor informaţii stocate în memoria sistemului nervos. Toate acestea urmăresc să obţină o redundanţă suplimentară cu ajutorul căreia să poată fi prelucrate într-un Ici semnalele respective.

Dacă redundanţa dobândită face posibilă îndreptarea semnalelor mai puţin cunoscute pe o anumită cale de ieşire, atunci problema este rezolvată. Dacă nici cu ajutorul redundanţei pe

care a dobândit-o, sistemul nu reuşeşte să îndrepte semnalele necunoscute spre o anumită cale de ieşire, atunci el va trebui să apeleze la operaţia de încercare-eroare. Marca redundanţă structurală de care dispune, precum şi existenţa modelelor privind relaţiile posibile dintre diferitele semnale, îi oferă creierului posibilitatea de a verifica apoi «Iacă această cale este corespunzătoare sau nu. Dacă semnalele ajunse într-un anumit punct al reţelei nu verifică relaţiile necesare cu celelalte semnale, atunci se alege o altă cale şi aşa mai departe până când se găseşte o cale care să satisfacă toate exigenţele cerute. Tocmai datorită acestei posibilităţi de a găsi până la urmă, prin încercare-eroare, calea cea mai adecvată, creierul poate lucra şi după reguli mai puţin precise, cum ar fi următoarele:

1. Vezi dacă este vorba de o problemă.

2. Dacă da, atunci formulează problema.

3. Elaborează un plan de rezolvare a problemei.

4. Aplică prima operaţie.

5. Vezi dacă rezultatul este posibil.

6. Dacă da, atunci continuă.

7. Dacă nu, atunci reformulează problema.

8. Alege un alt plan de rezolvare.

9. Aplică prima operaţie.

10. Verifică rezultatul şi aşa mai departe.

Este important de remarcat că omul apelează la astfel de reguli euristice nu numai în rezolvarea unor complicate probleme de viaţă, în care nu dispune de obicei de suficiente date şi de reguli precise, ci şi în rezolvarea unor probleme de matematică, deşi în acest caz dispune de reguli foarte precise şi s-ar părea că ele se rezolvă algoritmic. Pentru rezolvarea unei probleme care este, după G. Polya (114), cea mai caracteristică îndeletnicire umană, trebuie să apelăm şi la metodele euristice. Fiecare problemă are particularităţile sale, care fac imposibilă aplicarea automată a unor reguli exacte. De aceea G. Polya recomandă câteva principii generale, cum ar fi: 1. Stabilirea datelor cunoscute ale problemei. 2. Stabilirea scopului. 3. Stabilirea căilor prin care

le-am putea atinge. 4. Căutarea analogiilor cu probleme anterioare. *5.* Elaborarea unor ipoteze. 6. Ierarhizarea datelor. 7. Împărţirea problemei în mai multe probleme.

8. Anticiparea rezultatelor. 9. Verificarea rezultatelor etc.

Pentru a putea fi conduse pe o anumită cale în vederea rezolvării problemei, semnalele trebuie să satisfacă anumite condiţii. Aşa spre exemplu, semnalele emise de o sonerie vor putea fi îndreptate spre glanda salivară dacă ele au fost asociate de mai multe ori cu hrana. Reflexul condiţionat care apare este de fapt o operaţie logică tranzitivă, care se desfăşoară după regula silogismului:

Hrana produce salivaţie Soneria anunţă hrana

Soneria produce salivaţie

Creierul poate desfăşura şi operaţii logice tranzitive care să nu fie legate de un excitant necondiţionat, cum ar fi spre exemplu silogismul:

Omul rezolvă probleme Ion rezolvă probleme

Ion este om, în care se face un transfer de proprietăţi între două clase care se află în raport de incluziune. F. Boteza tu (22) apus operaţia logică tranzitivă la baza logicii naturale. Cu ajutorul ei sistemul nervos poate face transferuri de proprietăţi, îmbogăţindu-se valoarea informaţională a diferitelor semnale. Aceste transferuri sunt posibile datorită faptului că aceiaşi neuroni pot aparţine în diferite grade mai multor modele interne, între care pot exista raporturi de intersecţie sau de incluziune. Transferurile de proprietăţi pot merge uneori până la similitudine, aşa cum se întâmplă în cazul relaţiilor care se stabilesc între modelele interne ale diferitelor obiecte şi fenomene şi circuitele logice din centrii limbajului. Printr-un transfer de proprietăţi, în aceşti centri apar nişte modele interne de gradul doi capabile să răspundă şi la alte combinaţii de semnale, cum ar fi cele reprezentate de cuvintele corespunzătoare obiectelor şi fenomenelor respective. De aceea I. P. Pavlov (104) a denumit limbajul ca al doilea

sistem de semnalizare, prin intermediul căruia se pot transmite informaţii despre un obiect chiar şi în absenţa lui.

Pentru a putea fi transmise pe o anumită cale, din numeroasele căi posibile, semnalele sau informaţiile, la care se ajunge prin procesul de superizare, trebuie să satisfacă foarte multe exigenţe. În primul rând, ele trebuie să aibă o anumită valoare de veridicitate, de adevăr sau de posibil. Deşi este absolut necesară, valoarea de veridicitate nu este însă suficientă. Pentru a putea conduce semnalele pe anumite căi, ele trebuie să fie nu numai veridice, ci şi utile.

La nivelele inferioare ale sistemului nervos utilitatea este înscrisă chiar în structură, adică în *hardware*, cum i se mai spune. Aşa spre exemplu, semnalele generate de variaţiile tensiunii arteriale sunt trimise spre centrul vasomotor şi de aici la musculatura arterială, deoarece transmiterea lor pe această cale este cea mai utilă pentru păstrarea tensiunii arteriale în anumite limite.

La nivelele mai înalte însă acelaşi semnal

poate fi condus pe mai multe căi. De aceea la nivelele mai înalte ale sistemului nervos utilitatea nu mai este înscrisă în structură. Aici ea trebuie stabilită cu ajutorul programului, căruia i se mai spune *software*. Noi am arătat că în sistemul nervos programul este indisolubil legat de structură. Cu toate acestea, el nu este înscris în structură, aşa cum se întâmplă la nivelele inferioare ale sistemului nervos. Structura este reprezentată de reţeaua de comunicaţie a sistemului, în timp ce programul este reprezentat de operatorii logici care acţionează asupra reţelei (131). Operatorii depind într-o mare măsură de structura, de metabolismul acizilor nucleici, sau de metabolismul mediatorilor sinaptici, spre exemplu. Dar deşi nu poate fi complet despărţit de structură, programul de funcţionare al sistemului nervos nu poate fi confundat cu structura respectivă. Acest lucru poate fi demonstrat şi de faptul că eu aceeaşi structură, sistemul nervos poate îndeplini foarte multe programe. Iar valoarea de utilitate a unui semnal depinde de

gradul, sau de probabilitatea, cu care el ar putea contribui la îndeplinirea programului respectiv. De aceea valoarea de utilitate poate fi exprimată prin diferenţa dintre probabilitatea Px pe care o are îndeplinirea programului înainte şi probabilitatea *P2* pe care o are îndeplinirea programului după primirea semnalului respectiv. Adică:

$U = \log 2.\ P\ i$ – 1Og2P2-

Pentru a putea aprecia utilitatea semnalelor pe care le primeşte în vederea îndreptării lor pe o anumită cale din numeroasele căi posibile, sistemul nervos trebuie să dispună de nişte programe de reglare a comportamentului. Aceste programe se elaborează, sau mai bine zis se definitivează în lobul frontal, care joacă un rol deosebit în desfăşurarea proceselor decizionale (33). Programele de reglare a comportamentului sunt elaborate cu ajutorul modelului relaţiilor, al probabilităţilor logice şi subiective pe care sistemul le acordă diferitelor evenimentele din mediul înconjurător.

Dacă probabilităţile subiective vor

corespunde perfect cu desfăşurarea reală a fenomenelor, atunci toate semnalele pe care le va primi sistemul nervos vor fi redundante. Cu cât probabilităţile subiective se vor deosebi mai mult de desfăşurarea reală a fenomenelor, cu atât semnalele pe care le va primi vor aduce o informaţie mai mare şi vor fi mai necesare sistemului pentru a-şi putea adapta deciziile la condiţiile concrete ale factorilor de mediu. Şi ele vor fi conduse de către mecanismul de *feed-before* pe calea care ar corespunde cel mai bine prevenirii, sau cel puţin corectării, perturbaţiilor respective.

Dar calea pe care trebuie condusă o informaţie nu depinde numai de utilitatea ei. Prelucrarea informaţiilor urmăreşte să asigure stabilitatea sistemului biologic. De aceea prelucrarea informaţiilor este întovărăşită şi de o anumită stare de confort, de plăcere sau de neplăcere (27). Aşa spre exemplu, o informaţie prea mare determină o stare de anxietate, deoarece readaptarea mecanismelor de reglare

presupune nu anumit risc (118). Dimpotrivă, redundanţa prea mare, deoarece nu aduce nimic nou, determină o stare de plictiseală sau chiar de depresie psihică (166). Pentru a evita aceste stări, sistemul evaluează informaţiile şi în funcţie de gradul de confort, de plăcere sau de neplăcere pe care o produc. Un rol deosebit în acest sens îl joacă sistemul de recompensă-pedeapsă. Sistemul de recompensă cuprinde o serie de structuri asociate fasciculului median al telencefalului, începând de la regiunile ventrale ale tegumentului mezencefalic până la septum şi amigdală şi hipotalamusul lateral. Iar sistemul de pedeapsă cuprinde structurile para ventriculare de la nivelul talamusului, hipotalamusului şi mezencefalului (101). Sistemul de recompensăpedeapsă cuprinde deci structuri foarte răspândite în encefal pentru a putea acorda valoarea hedonică corespunzătoare tuturor semnalelor pe care le prelucrează.

Valoarea hedonică are, după cum arată M. Cabanac (27), o importanţă deosebită în reglarea proceselor fiziologice, cum ar fi alimentaţia, spre

exemplu. Gustul plăcut al alimentelor contribuie la ingestia lor. Dar senzaţia gustativă plăcută scade pe măsura ingestiei, ducând treptat la întreruperea ei.

Pe măsură ce se apropie de locul de elaborare al deciziilor, adică de lobul frontal, semnalele trebuie să fie evaluate nu numai din punctul de vedere al veridicităţii, al utilităţii şi al plăcerii pe care o produc, ci şi din punct de vedere deontic. Valoarea deontică (199) este o valoare normativă care ţine seama nu numai de condiţiile interne ale sistemului, ci şi de condiţiile externe în care îşi duce existenţa.

Dar pe măsură ce se apropie de locul de elaborare a deciziilor, procesele informaţionale devin tot mai conştiente, se apropie tot mai mult de acea esenţă tulburătoare a fiinţei umane, care este indisolubil legată de modelul relaţiilor, dispus şi el pe mai multe nivele, până la acela al relaţiilor dintre om şi mediu, sub aspectele lor etice şi morale.

Desigur că pentru a putea descoperi

informaţiile necesare, cu ajutorul procesului de superizare, şi pentru a putea prelucra apoi informaţiile descoperite pentru a ajunge la deciziile corespunzătoare, sistemul nervos trebuie să efectueze o mulţime de operaţii. Gândirea este, după cum remarcă J. Piaget (112), de natură operatorie. Activitatea operatorie a sistemului nervos este uşurată însă de faptul că el lucrează cu o logică a claselor. Un semnal de ordin superior Sx reprezintă clasa tuturor semnalelor sxs2… s „care l-au generat. Adică:

Şi =

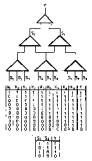
Lucrând cu semnale de ordin superior SIS2… 5”, creierul nu mai trebuie să efectueze însă numărul foarte mare de operaţii care ar trebui efectuate cu semnalele de ordin inferior (fig. 39). Şi cu cât va efectua o superizare mai înaltă, cu atât el va reduce mai mult numărul operaţiilor pe care trebuie să le efectueze. De aceea sistemul nervos caută să efectueze o superizare cât mai înaltă. Lucrând cu clase de ordin superior, el reduce extrem de mult numărul de operaţii pe

care trebuie să le efectueze. Astfel, deşi el nu poate efectua mai mult de una sau două operaţii pe secundă, cu două sau trei variabile, care să aducă cel mult 16 biţi, reuşeşte să rezolve în timp util problemele extrem de complicate cu care este confruntat. Altfel el nu ar reuşi să prelucreze cei IO7 biţi care îi sosesc în fiecare secundă de la organele de simţ.

Clasele cu care lucrează sistemul nervos se întrepătrund însă foarte mult. Clasa *St* se intersectează cu clasa S2. Cu clasa S3 şi aşa mai departe, deoarece acelaşi semnal *sit* emis de neuronul *N*, va putea aparţine mai multor modele interne. Intersecţia modelelor, datorită faptului că acelaşi neuron poate aparţine în acelaşi timp mai multor modele, şi intersecţia claselor, datorită faptului că acelaşi semnal poate aparţine în acelaşi timp mai multor clase, face ca sistemul nervos să lucreze de fapt cu o logică vagă, cu o logică *fuzzy*, în care semnalele pot avea o infinitate de valori în intervalul [O, 1] în funcţie de gradul de apartenenţă la clasa respectivă (92).

Apartenenţa aceluiaşi neuron la mai multe modele interne şi a aceluiaşi semnal la mai multe clase, care ar putea avea unele proprietăţi contradictorii, îi oferă sistemului nervos posibilitatea de a trece de la logica polivalentă, sau de la logica fuzzy, la logica dialectică în care contradicţia fenomenelor nu este exclusă, contribuind chiar la evoluţia lor.

Decizia *D*, pe care o adoptă în cele din urmă sistemul nervos, va trebui să intersecteze mulţimea scopurilor S cu mulţimea restricţiilor *R* pe care trebuie să le respecte. Adică: *D* – *S* n *R*De aceea informaţiile sunt evaluate în funcţie de aceste scopuri şi de aceste restricţii. Ele vor avea



I-iR. *39*. Lucrând cu o logică a (laşelor, sistemul nervos mlure foarte mult numărul operaţiilor pe care trebuie sit le efectueze pentru

a putea lua o decizie. Numărul mare de operaţii pe care ar trebui să le efectueze lurrând cu semnalele elementare *SIS2... s9* este redus la numărul mult mai mic al operaţiilor pe care trebuie să le efectueze cu semnalele de ordin superior şi să, deşi după cum se vede pe tabelele de adevăr, reţeaua neuronală ajunge la acelaşi re/ultat, adică va emite un semnal de ieşire *y* ori de câte ori va primi un semnal de intrare, funcţionând deci ca un circuit logic disjunctiv.

O anumită valoare de utilitate şi de plăcere în funcţie de scopurile şi de necesităţile sistemului şi o anumită valoare de veridicitate şi deontică în funcţie de restricţiile pe care trebuie să le respecte sistemul. De aceea decizia se află de fapt la intersecţia valorilor de veridicitate *V*, cu cele de utilitate *U*, de plăcere *P*, şi deontice O. Adică *D* =

= *ve*\ e/nPno.

Această intersecţie se poate stabili prin întâlnirea semnalelor care vin evaluate din punct de vedere hedonic, de la sistemul limbic şi de la sistemul de recompensă-pedeapsă, cu cele de

utilitate, care pot veni de la hipotalamus, cu cele de veridicitate.

Care vin de la ariile de asociaţie ale scoarţei cerebrale, în circuitele logice ale lobului frontal, care dispunând de modelul relaţiilor posibile, va adăuga valoarea deontică, de obligatoriu, indiferent sau interzis, deciziilor respective. De multe ori însă, nici această intersecţie nu duce la o singură decizie posibilă. De cele mai multe ori mai rămân o serie întreagă de alternative, dintre care omul, ca un condamnat la libertate, după cum remarca J. P. Sartre, trebuie să aleagă mereu, apelând la criterii şi valori complementare. De aceea în cele din urmă, procesul de decizie poate fi privit ca un joc care caută să optimizeze diferitele valori la condiţiile concrete ale fiecărei situaţii (fig. 40).

Elaborarea deciziei este întovărăşită, ca şi toate celelalte procese informaţionale, de o anumită coloratură afectivă. Starea afectivă care întovărăşeşte toate procesele informaţionale este atât de importantă, încât fără ea creierul nici nu

poate lucra. Experienţele efectuate pe jucătorii de şah care au fost invitaţi să joace fără a se angaja emotiv au demonstrat că fără factorul emoţional nu puteau juca (56). Noi am arătat că creierul uman este de fapt un calculator sentimental, la care emoţiile, pasiunile şi sentimentele, comple-

Fig. 40. Procesul decizional poate fi privit ca un joc care caută să optimizeze numeroasele valori pe care trebuie să le aibă în considerare. Pe coloana din dreapta sunt trecute câştigurile minime, iar pe rândul de joc câştigurile maxime. În funcţie de scopurile pe care le urmăreşte, de informaţiile pe care le deţine şi de prudenţa de care dă dovadă, organismul va alege unul sau altul dintre comportamentele posibile. De multe ori el maximalizează unele valori în detrimentul altora, aşa cum se întâmplă, spre exemplu, în sacrificiul de sine în care valorile etice şi estetice sunt

maximalizate.

Leazã lipsa de precizie a programelor euristice (157). Chiar dacă fac o mare risipă de energie, crescând metabolismul cerebral de două ori mai mult decât efortul intelectual pur, emoţiile şi pasiunile sunt atât de necesare, încât fără ele creierul nu poate lucra. De aceea toate procesele informaţionale pe care le desfăşoară creierul sunt întovărăşite de o anumită coloratură afectivă. Şi această coloratură este mai pronunţată în procesele de prelucrare euristică. De aceea omul evită de obicei muncile de rutină. El caută să desfăşoare mai ales munci de creaţie, în care să investească sentimentele şi pasiunile sale.

Prelucrarea euristică este cea care asigură fantezia creaţiei umane. Şi calculatorul electronic poate crea cu ajutorul metodei algoritmice (72,89). Dar creaţia calculatorului este mult mai săracă şi mai lipsită de imaginaţie decât creaţia umană. Omul trece de la prelucrarea semnalelor la prelucrarea informaţiilor, pe care le evaluează în foarte multe puncte de vedere, ceea ce îi oferă

posibilitatea de a crea opere de o înaltă valoare estetică.

Esenţa sistemului nervos nu constă deci în aparenţele sale substanţial-energetice, ci în modul său de organizare. Şi funcţionare. Căci nu simpla supradimensionare, ci extrem de subtila supraorganizare, capabilă să asigure prelucrarea extrem de nuanţată a informaţiilor, i-a oferit creierului uman posibilitatea de a ajunge la performanţe atât de înalte. De aceea creierul nu va putea fi niciodată elucidat numai cu ajutorul anatomiei, histologiei, biochimiei sau neurofiziologiei. Pentru studierea complicatelor procese informaţionale e ire au loc în sistemul nervos este necesară o metodologie informaţională, fără de care nu se va putea pătrunde în esenţa proceselor neuropsihice (163). Cu ajutorul ei vom patea parcurge mai uşor acea distanţă care mai separă încă, după cum arată A. Kreindler (58), activitatea psihică de bazele sale neurofiziologice.

REGLAREA IMUNITARĂ

Pentru a putea menţine identitatea sistemului biologic, diferitele elemente ale mecanismelor de reglare într-a şi extracelulare trebuie să comunice între ele. Tocmai de aceea ele primesc şi transmit anumite substanţe care joacă rolul de mediatori chimici. După dimensiunile, după forma şi structura lor spaţială, mesagerii chimici transportă o anumită informaţie structurală. Şi nu numai acizii nucleici sau proteinele, ci absolut toate moleculele organismului au, pe lângă rolul plastic şi energetic, şi rolul de a transmite o informaţie structurală. Această informaţie structurală, cu ajutorul căreia moleculele se recunosc întrfe ele, face ca programul de funcţionare al sistemului să fie înscris în propria lui structură (143). În funcţie de conformaţia ei spaţială, o enzimă se mulează pe un anumit substrat, catalizând anumite reacţii biochimice. Purtând odată cu substanţa, care intră în reacţie, şi semnalul dirijării şi declanşării reacţiei respective, informaţia structurală autoreglează reacţiile biochimice care – cel puţin

datorită numărului lor foarte mare – nici nu ar putea fi reglate altfel. Reprezentând forma de trecere de la aspectul substanţial la aspectul informaţional, informaţia structurală are însă şi anumite imperfecţiuni (144). Aşa spre exemplu, fiind indisolubil legată de structura care o poartă, ea poate fi alterată odată cu alterarea structurii respective. De aceea pentru a evita riscul apariţiei unor informaţii structurale false, sau alterate, a apărut un mecanism capabil să protejeze informaţia structurală a organismului de informaţiile structurale străine.

Pentru a putea proteja informaţia structurală a organismului, căreia i se mai spune *seif*, de informaţiile structurale străine, cărora li se mai spune *nonself* acest mecanism treImic să aibă capacitatea de a deosebi informaţia proprie de informaţiile structurale străine.

După cum arată F. Jacob (55), toate celulele organismului au de fapt capacitatea de a sonda şi de a recunoaşte substanţele din mediul extern prin intermediul unor proteine de la nivelul

membranelor, care se pot lega selectiv de anumite substanţe. Aceste proteine, care joacă rolul de receptori, sunt cele care prin deblocarea genelor operatoare pot duce la sinteza altor proteine, capabile de a acţiona «nzimatic asupra substanţelor străine. Receptorii de pe membrana celulară au rol reglator, deoarece prin sondarea mediului pot indica celulei ce enzime să sintetizeze pentru a putea metaboliza substanţele care se află în mediul respectiv. Aceste proteine reglatoare adaptează rigiditatea programului genetic la variabilitatea mediului extern.

Descoperind prezenţa diferiţilor metaboliţi, receptorii de pe membrana celulară acţionează ca un fel de demoni ai lui Maxwell. Fizicianul J. C. Maxwell a descris în cartea sa despre teoria căldurii, apărută în 1871, un fel de demon capabil să sesizeze viteza moleculelor şi să manevreze o uşiţă dintre două recipiente pentru a îndrepta moleculele cu viteză mare spre un recipient şi cele cu viteză mică spre alt recipient. El reuşea astfel să crească temperatura recipientului în care se

adunau moleculele cu viteză mai mare în pofida celui de-al doilea principiu al termodinamicii, deşi trebuie remarcat că pentru a putea realiza acest lucru şi ol avea nevoie de o anumită cantitate de informaţie şi de energie.

Apelând la informaţia structurală, receptorii de pe membrana celulelor reuşesc să recunoască diferitele substanţe prezente în mediul extern şi să declanşeze sinteza enzimelor accesare metabolizării lor. Anumite celule şi-au perfecţionat însă această capacitate de a recunoaşte, de a deosebi structurile proprii de structurile străine.

Substanţele străine pătrunse în organism sunt recunoscute de nişte celule libere, care le fagocitează, adică le introduc în citoplasma lor şi le metabolâzează (47). Unele celule cu un echipament enzimatic mai bogat, cum ar fi leucocitele, reuşesc să degradeze complet structurile străine. Altele, cum ar fi macrofagele, nu degradează complet nonselful, transmiţându-l, incomplet degradat, limfocitelor care îl înconjură. Nonselful transmis de macrofage are capacitatea

de a stimula înmulţirea şi transformarea unor limfocite în plasmocite. Plasmocitele conţin mai mulţi ribozomi, ceea ce le oferă posibilitatea de a sintetiza mai multe proteine. Ele s-au specializat în sinteza unor proteine capabile să neutralizeze nonselful. Proteinele acestea, sintetizate de plasmocit cu o viteză de 2,5 milioane de molecule pe oră, se numesc anticorpi. Iar substanţele străine capabile să declanşeze sinteza de anticorpi se numesc antigene (fig. 41).

Pentru a putea sintetiza o proteină, fie că este o enzimă sau un anticorp, este necesară o informaţie genetică. Tocmai pentru a oferi această informaţie genetică, limfocitul răspunde printr-o proliferare celulară, care presupune şi o proliferare de ADN. Sinteza de ADN este întovărăşită apoi de o creştere a sintezei de AM şi a sintezei de proteine.

S-au elaborat mai multe teorii pentru a explica procesul, destul de complicat, al sintezei de anticorpi. Teoria instructivă consideră că antigenul joacă rolul de matriţă. Ea nu poate fi

însă acceptată decât dacă s-ar demonstra că informaţia circulă nu numai de la ADN la proteine, ci şi de la proteine la ADN, ceea ce este deocamdată foarte greu de presupus.

Fig. 41. Mecanismele de apărare imunitară recunosc prin intermediul unor celule specializate, cum sunt macrofagele, informaţia antigenică adusă de structurile străine *Ag*, pe care o prelucrează şi o transmit limfocitelor *L* care le înconjură. Acestea se transformă în plasmocite *P*, sau în limfocite *T* sensibilizate *Lt*, care vor acţiona prin intermediul unor anticorpi *Ac*, sau direct asupra structurilor străine *Ag*, pe care le neutralizează.

Teoria selecţiei clonale, a lui F. M. Bumet, presupune «u prin mutaţii pot apărea un număr foarte mare de celule imunitare diferite, care vor putea da apoi naştere la clone diferite, capabile să

sintetizeze fiecare câte un anumit anticorp. Apariţia unui antigen va duce la proliferarea clonei care ar putea să producă anticorpul respectiv. Adică aşa cum în cazul celulelor obişnuite, proteina reglatoare poate declanşa, la apariţia unei anumite substanţe în mediul înconjurător, sinteza unei anumite proteine, în cazul celulelor i nu nocompetente, apariţia antigenului poate stimula, prin intermediul proteinei reglatoare, sinteza unui anumit anticorp.

Din punctul de vedere al greutăţii moleculare, anticorpii (sau imunoglobulinele, cum li se mai spune, deoarece sunt formaţi din globuline şi mai exact din gamaglobuline) pot fi împărţiţi în mai multe clase: imunoglobulinele G cu o greutate moleculară de 150.000, imunoglobulinele A, cu o greutate moleculară între 180.000 şi 500.000, imunoglobulinele M, cu o greutate moleculară de 900.000. Mai recent s-au descris şi imunoglobulinele D ŞI E, ultimele jucând un rol foarte important în alergii. Imunoglobulinele E se pot fixa pe membrana

mastocitelor şi bazofilelor determinând eliberarea de histamină şi de alţi factori chimici care produc tulburările din alergii.

O imunoglobulină reprezintă însă un agregat format din mai multe lanţuri polipeptidice; unele uşoare, cu masa de 22.500, şi altele grele, cu masa de 53.000. Lanţurile polipeptidice uşoare au aceleaşi dimensiuni la toate imunoglobulinele, spre deosebire de lanţurile grele care au dimensiuni diferite.

Imunoglobulină G este formată din două lanţuri uşoare şi două lanţuri grele. Fiecare lanţ uşor este legat de un lanţ greu printr-o legătură covalenţă. Iar cele două lanţuri grele sunt legate la rândul lor între ele prin două legături covalente (fig42).

Specificitatea anticorpilor este determinată de secvenţa aminoacizilor, secvenţă care variază mai ales în anumite porţiuni, care se află situate la cele două capete ale moleculei. Astfel, fiecare moleeulă de anticorp are două arii identice, situate la o anumită distanţă, care se pot combina

cu antigenul prin intermediul unor legături slabe. Imunoglobulinele G au două valenţe, adică două locuri prin care se pot coml ina cu antigenul. Imunoglobulinele M au cinci valenţe

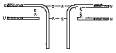


Fig. 42. Molecula de imunoglobulină este formată din patru lanţuri polipeptidice: două. Uşoare *U* şi două. Grele *Gt* unite între ele prin legături sulfurice. Numai porţiunile distale, haşurate, sunt variabile şi oferă specificitatea funcţională fiecărei molecule de anticorp.

Etc. Şi antigenul poate avea mai multe valenţe, adică mai multe locuri prin care se poate combina cu anticorpul. După numărul de anticorpi pe care îi poate lega, antigenele pot avea valenţe diferite. Aşa spre exemplu, toxina difterică are cel puţin opt valenţe.

Anticorpii nu apar însă la primul contact cu antigenul. Ei există dinainte pe limfocit sub forma unor anticorpi santinelă, capabili să recunoască

stereochimic antigenul respectiv. Antigenul determină însă sinteza anticorpului care l-a recunoscut pe scară mare. Atunci când anticorpii sintetizaţi de plasmocite sunt secretaţi în circulaţia generală este vorba de o imunitate umorală, sau de tip imediat, la care participă mai ales limfocitele B. Atunci când ei nu sunt secretaţi, ci sunt purtaţi chiar de celulele care i-au sintetizat, este vorba de o imunitate celulară, sau de tip întârziat, aşa cum se întâmplă în reacţia de eliminare a transplantelor, la care participă limfocitele T.

Între cele două forme de imunitate există însă o legătură indisolubilă, deoarece limfocitele T participă nu numai la imunitatea celulară, ci şi la reglarea imunităţii umorale. Din punctul de vedere al rolului pe care îl au în imunitatea umorală, limfocitele T pot fi sensibilizante, stimulante sau supresive. Cele stimulante şi sensibilizate susţin imunitatea umorală, pe când cele supresive o inhibă. Predominanţa uneia din acestesubpopulaţii limfocitare poate duce la

reducerea sau, dimpotrivă, la intensificarea sau la prelungirea reacţiei imunitare, aşa cum se întâmplă în inflamaţiile cronice, în care s-ar părea să fie vorba de o reducere a limfocitelor supresive.

Mecanismele de apărare imunitară nu apără însă seiful «loar de informaţiile structurale din afară, ci şi împotriva tulburărilor şi perturbaţiilor structurale dinăuntrul organismului. La schimbul imens de informaţii care are loc în permanenţă în organismul uman, pot apărea anumite erori. Atât în procesul de replicare a ADN-ului, cât şi în cel de transcripţie a informaţiei genetice de la ADN la ARNm, sau în cel de translaţie a informaţiei genetice de la ARNm la proteine pot apărea uneori anumite erori. S-a apreciat t a. Apariţia unei mutaţii, adică a unei erori, ar fi de IO-6 până la IO-8, pentru o generaţie celulară, ceea ce având în vedere cele 5 x IO12 celule din organismul uman ar avea totuşi o importanţă foarte mare. Aceste mutaţii ar putea fi produse de factori fizici, cum ar fi radiaţiile, sau de factori chimici, cum ar fi substanţele cancerigene. De multe ori ele pot fi

produse însă de acizii nucleici virali care se infiltrează în genomul celulei. Dacă celula în care intră un virus îi va permite să se multiplice, atunci celula respectivă va putea fi distrusă. Dacă celula nu va permite virusului să se multiplice, atunci ea nu va fi distrusă, dar virusul respectiv se va putea infiltra în genomul ei. Celula nepermisivă, cum i se spune, nu va fi distrusă, dar va putea da naştere la celule mutante, adică la celule canceroase, care, datorită insensibilităţii lor la semnalele reglatoare ale celorlalte celule, vor duce până la urmă la distrugerea sistemului biologic. Insensibilitatea celulelor canceroase la semnalele reglatoare ale celorlalte celule poate fi demonstrată experimental prin creşterea lor pe un mediu de cultură. Spre deosebire de celulele normale care cresc într-un strat uniform, celulele canceroase, insensibile la semnalele celulelor din jur, cresc ca o masă de celule care se înghesuie şi se înăbuşă reciproc (195).

Recunoscând celulele mutante, mecanismele de reglare imunitară pot să prevină, şi de cele mai

multe ori previn, apariţia cancerului, deoarece cancerul apare, după cum arată G. Mathe, mult mai rar decât apar celulele mutante.

Mecanismele de apărare imunitară mai au şi rolul de salubrizare a organismului. În fiecare zi mor câteva miliarde de celule. Hematiile, spre exemplu, nu trăiesc decât 120 de zile, după care splina, care mai este denumită şi cimitirul hematiilor, le reţine pe cele bătrâne şi alterate, pe care le distruge, iar fierul şi celelalte substanţe care rezultă din distrugerea lor sunt folosite la sinteza altor celule. În fiecare zi mor câteva zeci de mii, sau chiar sute de mii de neuroni, într-un proces de depopulare neuronală, care face ca de la cei aproximativ 825 de neuroni pe mm2 de scoarţă cerebrală, cât are omul la 40 de ani, să se ajungă la 680 de neuroni pe mm2 la vârsta de 60 de ani şi la 500 de neuroni pe mm2 la vârsta de 70 de am. Resturile acestor celule sunt depistate şi digerate de către macrofage.

Mecanismele de apărare imunitară au deci un rol deosebit atât faţă de apărarea împotriva

structurilor străine, cât şi faţă de denaturările structurilor proprii. Mecanismele de apărare imunitară au însă foarte multe imperfecţiuni (147). Ele lucrează cu o informaţie foarte primitivă, mult prea strâns legată de substanţa care o transportă, aşa încât modificările substanţiale, care ar trebui prevenite, sau corectate prin prelucrarea informaţiilor, pot altera ele însele informaţia structurală a organismului. Dacă ele afectează porţiunile care joacă rolul de semnal antigenic, atunci vor declanşa un proces de respingere a unor structuri, care s-ar putea să nu fie chiar aşa de alterate din punct de vedere funcţional. Acest lucru este demonstrat de faptul că administrarea unor medicamente imunosupresoare, capabile să reducă reacţia de respingere, duce la ameliorarea bolilor autoimune.

Pe de altă parte, mijloacele de apărare imunitară nu au suficiente mecanisme de reglare şi control. De aceea pot apărea o serie întreagă de reacţii paradoxale, cum ar fi şocul anafilactic, sau, dimpotrivă, o serie întreagă de reacţii ineficiente,

aşa cum se întâmplă în cancer.

Tocmai datorită numeroaselor sale imperfecţiuni, reglarea imunitară poate fi implicată în foarte multe boli (78,147).

CULTURA CA AL DOILEA CANAL DE TRANSMITERE A INFORMAŢIILOR

Informaţia genetică, cuprinsă în acizii nucleici, se transmite de la predecesori la urmaşi prin intermediul unui canal căruia i-am putea spune canal genetic. Informaţia care se transmite prin acest canal este cea care determină structura viitorului organism. În funcţie de secvenţa bazelor azotate din ADN, viitorul organism va fi blond sau brunet, mai scund sau mai înalt, mai urât sau mai frumos, mai rezistent sau mai puţin rezistent la diferite boli.

Deoarece un acid nucleic care are 10.000 de baze azotate poate exista în IO6000 de variante posibile, canalul genetic dispune de foarte multe posibilităţi de alegere a structurii viitorului organism. Dar structura respectivă nu va putea funcţiona fără un program de funcţionare… De

aceea informaţia genetică va trebui să transmită şi programul de funcţionare al viitorului organism. Deoarece programul de funcţionare al sistemelor biologice este înscris în propria lor structură, în informaţia lor structurală, canalul genetic va transmite odată cu structura şi programul ei de funcţionare. Atunci însă când de la redundanţa structurală se ajunge la redundanţa combinatorie, aşa cum se întâmplă în cazul sistemului nervos, informaţia genetică, cuprinsă în structură, nu mai este suficientă pentru a putea asigura funcţionarea sistemului.

De aceea creierul nu poate funcţiona adecvat doar pe baza informaţiei genetice pe care a primit-o. Informaţia genetică determină reţeaua neuronală. Dar pentru a putea funcţiona adecvat, reţeaua neuronală va trebui structurată şi restructurată de informaţiile pe care creierul le primeşte din afară. De aceea inteligenţa, adică acea capacitate de a acţiona în modul cel mai adecvat şi mai eficace, va depinde atât de zestrea genetică, cât şi de informaţiile primite ulterior din

mediu (153). Nici studiile efectuate pe gemeni, nici cele efectuate pe copiii adoptaţi nu au putut stabili exact care este influenţa eredităţii asupra inteligenţei. Unii i-au atribuit o influenţă foarte mare, alţii i-au atribuit o influenţă foarte mică, deşi este evident că nici structura, moştenită genetic, nu poate funcţiona fără programele dobândite ulterior, dar nici programele dobândite nu se vor putea realiza fără o structură corespunzătoare. Fără un echipament corespunzător de programe nici cei mai dotaţi din punct de vedere genetic nu vor putea exista, deoarece omul nu poate trăi fără un echipament minim de programe, care să-i indice în fiecare moment modul în care trebuie să folosească libertatea de care dispune. De aceea omul este rezultatul interacţiunii dintre factorii biologici şi factorii sociali şi culturali.

Deşi creierul copilului cântăreşte la naştere 10% din greutatea corpului, adică de 5 – 6 ori mai mult decât la adult, al cărui creier nu reprezintă mai mult de 2% din greutatea corpului, el nu

dispune încă de programele necesare pentru reglarea comportamentului. El nu dispune decât de câteva programe capabile să-i asigure automatismul neurologic şi visceral. Restul de programe le va dobândi foarte greu, printr-un foarte îndelungat proces de educaţie, care ţine de fapt toată viaţa. Toată viaţa creierul se structurează şi se restructurează neîncetat sub influenţa informaţiilor pe care le primeşte din afară, înscriindu-şi astfel echipamentul de programe în propria sa structură.

Dacă la început reţeaua neuronală, nestructurată, a copilului, are libertatea de a conduce aproape orice informaţie de intrare spre aproape orice cale de ieşire, prin influenţele pe care informaţiile sau mai bine zis semnalele pe care le primeşte din afară le exercită asupra sa, ea îşi pierde treptat din această libertate. Dar câştigă în schimb capacitatea de a utiliza cât mai bine libertatea de care dispune (153).

Mediul înconjurător este o foarte bogată sursă de informaţii. Fiecare foşnet, fiecare sunet,

fiecare mişcare, fiecare cuvânt, fiecare zâmbet, ca şi fiecare substanţă poate emite o anumită informaţie, prin culoarea, prin mirosul, prin forma şi prin gustul ei. De aceea organele noastre de simţ sunt pur şi simplu asaltate de o fantastică cantitate de informaţie, apreciată la 1011 biţi pe secundă (37).

Din acest ocean de informaţii, care inundă organismul încă de la naştere, organele noastre de simţ nu reuşesc să recepţioneze şi să conducă mai departe decât IO7 biţi pe secundă. Aceşti IO7 biţi care ajung în fiecare secundă la sistemul nervos vor influenţa metabolismul şi prin intermediul lui structura logică a sistemului nervos (148). Dispar unele circuite vechi şi apar, în permanenţă, alte circuite noi, care, fiind nişte operatori capabili de a conduce informaţiile pe anumite căi, vor reprezenta de fapt programul de funcţionare al sistemului nervos.

Creierul omului se naşte sărac în programe. De aceea, după cum remarcă J. Eccles (34), civilizaţia şi cultura nu se moştenesc biologic.

Omul este obligat să le ia de fiecare dată de la capăt. Şi acest lucru este posibil datorită faptului că, deşi se naşte foarte sărac în programe, el se naşte foarte bogat în posibilităţi. El are posibilitatea de a fi influenţat de informaţiile primite din afară. Apoi are posibilitatea de a conduce informaţiile respective pe foarte multe căi posibile. Astfel, el are posibilitatea de a achiziţiona şi funcţiona după foarte multe programe. Cu aceeaşi structură se pot vorbi, spre exemplu, mai multe limbi şi se pot efectua profesii foarte diferite.

Dacă creierul ar moşteni întocmai programele sale de funcţionare, atunci omenirea ar fi evoluat mult mai greu. Pentru aceasta ar fi fost necesară modificarea informaţiei genetice, care nu se poate obţine decât prin intermediul unor mutaţii, şi apoi o selecţie a mutaţiilor favorabile, ceea ce ar fi necesitat un timp foarte îndelungat.

Dobândind posibilitatea de a fi structurat şi restructurat de informaţiile primite din afară,

pentru a intra în posesia unor programe din ce în ce mai perfecţionate, creierul şi-a asigurat un ritm mult mai rapid de evoluţie decât cel care s-ar fi putut realiza prin intermediul canalului genetic. De aceea uluitoarele progrese pe care le-a realizat şi le realizează în permanenţă omul s-au produs nu prin modificarea structurii, ci prin perfecţionarea programelor sale de funcţionare, adică prin intermediul canalului cultural.

Posibilitatea de a dobândi programe noi şi din ce în ce mai perfecţionate este determinată de aviditatea cu care omul culege informaţii. Psihologii vorbesc de o curiozitate fără de care nu ar exista cercetare şi cunoaştere. M. Maliţa (68) vorbeşte de o foame de informaţie, asemănând creierul eu o sită prin care trebuie să treacă în permanenţă o cantitate minimă de informaţie. J. R. Platt enumeră informaţia printre nevoile fundamentale ale omului, alături de apă.

De aer, de hrană şi de adăpost. Adică omul ca sistem deschis are nevoie nu numai de substanţe şi de energie, ci şi de informaţie. N.

Wiener spune că a trăi activ înseamnă a trăi având informaţii corespunzătoare. Aceste informaţii care structurează şi restructurează mereu creierul îi îmbogăţesc în permanenţă echipamentul său de programe. Informaţiile primite din afară au un rol atât de important în formarea fiinţei umane, încât ele pot determina acea pseudoereditate, de care vorbeşte J. A. Meerloo, care face ca copiii să semene cu părinţii lor nu numai datorită informaţiei genetice pe care au primit-o, ci şi datorită informaţiilor ulterioare pe care le primesc de la ei.

Recepţionând informaţiile pe care i le oferă mediul în primii doi ani de viaţă, creierul atinge, după cum arată J. Piaget (111,112), pragul unei inteligenţe senzoriale, în cadrul căreia copilul devine capabil să recunoască unele forme. Unele animale se nasc chiar cu această posibilitate. Puiul de cuc, care este clocit şi crescut, după cum se ştie; de nişte părinţi adoptivi (deoarece cucul îşi depune ouăle în cuibul altor păsări), este în stare să-şi recunoască părinţii, sau mai bine zis neamul,

pe care îl găseşte de îndată ce poate să zboare. Omului îi trebuie însă un timp mult mai lung pentru a dobând această posibilitate de recunoaştere.

Etapa de la 2 la 7 ani este caracterizată de apariţia limbajului, adică a acelor modele interne similare modelelor obiectelor şi fenomenelor, care au apărut în primii doi ani, şi care au capacitatea de a recunoaşte, de a reacţiona şi la alte combinaţii de semnale decât cele generate de obictele şi fenomenele respective. De aceea cuvintele vor putea ţine locul obiectelor şi fenomenelor pe care le reprezintă. În această etapă a inteligenţei preoperatorii, copilul intră din biosfera în care trăiesc toate animalele în logosfera proprie omului.

În etapa a treia, de la 7 la 12 ani, apare pe lângă modelul obiectelor şi fenomenelor şi pe lângă modelele similare, care reprezintă limbajul, şi modelul relaţiilor dintre diferitele obiecte şi fenomene şi al relaţiilor posibile dintre diferitele cuvinte. De aceea în această etapă, a operaţiilor

concrete, copilul poate executa o serie întreagă de operaţii de asociere, de tranzitivitate sau de reversibilitate cu semnalele pe care le primeşte.

După 12 ani apare însă şi modelul relaţiilor dintre relaţii. De aceea după 12 ani copilul devine capabil să efectueze operaţii formale cu un mare grad de abstractizare şi conceptualizare. Copilului îi trebuie deci cel puţin 12 ani pentru a putea trece de la inteligenţa senzorială la inteligenţa raţională, de prelucrare superioară a informaţiilor.

Prelucrând informaţii, omul continuă însă să se perfecţioneze neîncetat. Şi în antropogeneză au existat, după cum remarcă V. Săhleanu, nişte cicluri cibernetice, ca nişte circuite de *feed-back*, în care informaţiile şi structura s-au stimulat reciproc. Creşterea cantităţii de informaţii a determinat perfecţionarea structurii, iar perfecţionarea structurii a dus la mai buna prelucrare a informaţiilor. Creierul omului a ajuns în două milioane de ani de la un indice de inteligenţă de 30, cât avea probabil Homo habilis, la un indice de inteligenţă de 100, cât are astăzi

Homo sapiens. Perfecţionarea mijloacelor de prelucrare a informaţiilor nu s-a realizat însă atât prin supradimensionarea creierului, care nu a mai crescut în ultimii 70.000 de ani (183), cât prin supraorganizarea lui, adică prin creşterea numărului de conexiuni dintre neuroni şi mai ales prin apariţia unor conexiuni din ce în ce mai adecvate pentru prelucrarea superioară a informaţiilor.

Prin prelucrarea superioară a informaţiilor a apărut şi s-a dezvoltat cultura, adică cel de-al doilea canal de transmitere a informaţiilor. Şi omenirea a acumulat şi acumulează mereu o imensitate de informaţii pe care le-a transmis şi le transmite mereu, din generaţie în generaţie, de-a lungul acestui canal cultural.

Rolul educaţiei devine astfel acela de a selecţiona şi de a găsi mijloacele cele mai adecvate pentru a le transmite mai departe, completând astfel canalul genetic (128). Educaţia trebuie să mobileze cu informaţiile corespunzătoare, după cum se exprimă A. Moles

(89), creierul fiecărui om. Cu cât creierul său va fi mai mobilat, cu atât omul va fi mai cult şi gândirea sa va fi mai nuanţată pentru a putea cuprinde în mecanismele ei complexitatea, variabilitatea şi subtilitatea lumii în care trăim.

Deşi este supradimensionat şi supraorganizat, creierul are totuşi limitele sale. El are o capacitate informaţională relativ limitată. De aceea în procesul educaţiei, omul trebuie să asimileze informaţiile cele mai valoroase, privind esenţa fenomenelor, regulile şi legile lor de desfăşurare. Prin intermediul acestor reguli şi legi, creierul va putea intra mai uşor în posesia programelor cu care să acţioneze.

În modul cel mai adecvat, asupra mediului înconjurător. Chiar dacă aceste reguli şi legi nu vor reprezenta programele efective de funcţionare, ele vor reprezenta nişte fragmente capabile de a fi asamblate în programele euristice cu ajutorul cărora omul reuşeşte să dirijeze desfăşurarea fenomenelor.

Canalul genetic are, desigur, o importanţă

deosebită în determinarea fiinţei umane. Dar oricare ar fi calităţile sale genetice, omul nu poate fi conceput în afara canalului cultural. Prin intermediul canalului genetic el a moştenit capacitatea de a se adapta autoplastic, aşa cum fac toate celelalte animale. Prin intermediul canalului cultural el dobândeşte însă şi posibilitatea de a se adapta aloplastic, adică de a modifica mediul înconjurător conform propriilor sale cerinţe. Prin intermediul ştiinţei şi al culturii omul şi-a extins posibilităţile de a se opune celui de-al doilea principiu al termodinamicii. Prin intermediul ştiinţei şi al culturii omul a reuşit să instituie o anumită ordine şi în mediul înconjurător, mărind astfel acea insulă de ordine din universulentropic, punând bazele civilizaţiei, care reprezintă de fapt o cultură în acţiune.

EXPLOZIA INFORMAŢIONALĂ

Reprezentând cel mai rapid mijloc de perfecţionare a fiinţei umane, canalul cultural s-a dezvoltat foarte mult. Tot ceea ce descopereau oamenii, în existenţa şi în căutările lor, s-a

transmis apoi prin intermediul canalului cultural. Cuprinse în acel circuit de *feed-back* pozitiv, existent în antropogeneză, descoperirile şi informaţiile s-au înmulţit foarte mult. Şi ca în orice domeniu în care intervine un *feed-back* pozitiv, prin accelerarea în cerc vicios, s-a ajuns, la o adevărată revoluţie, care, petrecându-se foarte rapid, a luat chiar aspectul unei explozii cultural-informaţionale.

De fapt, de-a lungul istoriei s-au înregistrat mai multe explozii informaţionale (97). Prima explozie informaţională a constituit-o apariţia limbajului, care a oferit posibilitatea de a transmite experienţa personală şi altor indivizi din aceeaşi generaţie. A doua explozie informaţională a constituit-o apariţia scrisului, care făcea posibilă transmiterea experienţei personale atât în cadrul aceleiaşi generaţii, cât şi de la o generaţie la alta. Scrisul a completat astfel memoria umană şi canalul genetic. Apariţia tiparului a constituit a treia explozie informaţională, făcând posibilă multiplicarea documentelor într-un foarte mare

număr de exemplare (77). Iar dezvoltarea vertiginoasă a mijloacelor de comunicaţie şi de prelucrare a informaţiilor a constituit cea de-a patra explozie informaţională. Datorită acestor explozii universul informaţional este într-o continuă expansiune, dublându-se la fiecare 10 – 15 ani.

Dezvoltarea vertiginoasă a industriei informaţionale a făcut posibilă difuzarea în masă a informaţiilor (93). Tirajul presei mondiale a depăşit un miliard de exemplare. Există pe glob aproape un miliard de aparate de radio, 500 de milioane de televizoare, 300 de mii de cinematografe şi aşa mai departe.

Dacă în 1665 apărea în întreaga lume o singură revistă ştiinţifică, în 1800 apăreau 100, în 1850 apăreau 1000, în 1900 apăreau 10.000, iar în 1950 apăreau aproximativ 50.000 de reviste. Aceste periodice au publicat de-a lungul timpului circa şase milioane de articole. Deoarece numărul articolelor creşte într-un ritm de 500.000 de articole pe an, producţia ştiinţifică realizată din

1700 până astăzi se va dubla în următorii 10 – 15 ani (115). Acelaşi lucru se va întâmplă şi în producţia de carte, pentru că cele 690.000 de titluri care apar în fiecare an într-un tiraj de peste opt miliarde de exemplare, vor putea depăşi în trei decenii cele 29 de milioane de titluri care au apărut de la înfiinţarea tiparului şi până astăzi.

Dublarea informaţiilor ştiinţifice se face prin creşterea numărului de cercetători. Pentru a se dubla informaţiile numărul cercetătorilor trebuie să crească de două ori iar investiţiile trebuie să crească de patru ori. Dublarea numărului de oameni de ştiinţă la fiecare 10 – 15 ani face că în

15 ani să apară şi să desfăşoare o activitate ştiinţifică tot atâţia oameni de ştiinţă câţi au existat în toată perioada anterioară. Dacă stabilim la 45 de ani durata medie de activitate a unui om, înseamnă că de fiecare dată vor fi în viaţă pe lângă cei 2 x *n* oameni de ştiinţă apăruţi în ultimii 15 ani şi cei *n* oameni de ştiinţă existenţi în cei 15 ani anteriori şi cei n/2 oameni de ştiinţă existenţi cu 39 de ani înainte. După cum arată De Solia

Price (115), dublarea numărului de cercetători ştiinţifici la fiecare 10 – 15 ani face ca 80 – 90% din toţi oamenii de ştiinţă care au trăit vreodată să fie contemporani cu noi. Iar 89 – 90% din activitatea ştiinţifică şi din descoperirile care s-au făcut vreodată să se facă de fapt sub ochii noştri.

Pentru a putea publica toată producţia ştiinţifică şi literară sunt necesare aproximativ 29 de milioane de tone de hârtie pe an.

Canalul cultural s-a dezvoltat deci într-un ritm atât de vertiginos, încât informaţiile furnizate nu mai pot fi prelucrate în totalitatea lor de către individ. Dacă fondul informaţional al oamenirii se dublează la fiecare 10 – 15 ani, atunci numărul informaţiilor creşte în fiecare secundă cu

2 x 10 biţi. Dar omul nu poate prelucra conştient decât

16 biţi pe secundă şi nu poate memora mai mult de un bit pe secundă. Niciun om nu poate deci să citească toate cărţile care se publică, sau să vizioneze toate piesele, toate filmele şi toate expoziţiile care se prezintă. De aceea o mare parte

din publicaţii rămân necitite şi un mare număr de piese sau de filme sunt vizionate de foarte puţini oameni.

S-a constatat, după cum remarcă De Solia Price, că 4800 din cele 9120 de periodice ştiinţifice ale Bibliotecii din Londra nu au fost citite deloc în cursul unui an. Iar 2274 dintre ele au fost citite o singură dată. Cu 40 din cele 9120 periodice s-au putut satisface 80% din cereri. Studiile statistice au arătat că din cele 50.000 de periodice doar 170 se bucură de popularitate mai mare.

Aceasta înseamnă că mai mult de jumătate de publicaţii nu sunt citite, că o mare parte din explozia informaţională nu este absolut necesară la un moment dat. Dar informaţia care nu este absolut necesară este redundantă. De aceea o mare parte din explozia informaţională este de fapt redundantă (129). Redundanţa aceasta o întâlnim nu numai în canalul cultural, ci şi în canalul genetic. Omul dispune de o garnitură dublă dE cromozomi, adică de doi cromozomi de

acelaşi fel. Gena este formată din două filamente de ADN complementare. Dancoff a formulat chiar principiul „excesului cu economie” în sistemele vii. Şi creierul are o structură redundantă din moment ce prin moartea a câteva zeci sau sute de mii de neuroni pe zi, funcţionarea lui nu suferă până la un moment dat modificări evidente. Tot aşa rinichii conţin mai mulţi nefroni decât ar fi absolut necesari, iar o cincime din ficat este suficientă pentru a face faţă necesităţilor bazale.

Redundanţa aceasta, pe care o întâlnim atât în canalul genetic, cât şi în canalul cultural, reprezintă însă tocmai informaţia chemată să prevină sau să corecteze anumite erori, care ar putea să intervină, şi intervin de fapt, în cursul transmiterii şi prelucrării informaţiilor. De aceea redundanţa este absolut necesară în lupta cu cel de-al doilea principiu al termodinamicii.

REDUNDANŢA NECESARĂ

Deşi s-ar putea să reprezinte uneori un exces, redundanţa este totuşi absolut necesară, deoarece în condiţiile în care diferitele perturbaţii

ar putea altera mesajul, ea încetează de a mai fi inutilă, devenind chiar necesară pentru prevenirea erorilor care ar putea apărea în timpul transmiterii şi prelucrării informaţiei.

În condiţiile în care asupra mesajului acţionează anumite perturbaţii, deosebirea dintre informaţiile necesare şi cele în exces devine foarte relativă. Într-un mediu perturbant este foarte greu de stabilit care informaţii sunt în exces şi ar putea fi evitate fără a periclita transmiterea întocmai a mesajului la destinatar.

Redundanţa este indisolubil legată de entropie. Cu cât entropia este mai mare, cu atât redundanţa este mai mică. Adică cu cât nedeterminarea fenomenelor este mai mică, sau determinarea este mai mare, cu atât fenomenele fiind dinainte cunoscute, informaţiile devin mai puţin necesare şi deci mai redundante. Dacă nedeterminarea ar fi egală cu zero şi deci toate fenomenele ar fi perfect determinate, atunci toate semnalele ar deveni redundante. În condiţiile în care determinarea se împleteşte cu întâmplarea,

atunci unele semnale vor aduce o informaţie, iar altele vor aduce o redundanţă.

Informaţia medie H0 pe care o aduce o literă dintr-o înşiruire absolut întâmplătoare este mai mare decât informaţia medie Hx pe care o aduce o literă dintr-un text în care literele nu se succed la întâmplare. Diferenţa dintre

H0 şi *Ht* calculată după formula $R = 1 –$ reprezintă ex-H0

Cesul de informaţie, adică redundanţa. Ea devine egală i u zero atunci când $Hy = H0$, adică atunci când literele continuă să fie absolut întâmplătoare şi egală cu 1 când //, – o, adică atunci când literele fiind perfect determinate de cele precedente nu mai aduc nicio informaţie prin apariţia lor, care este nu numai presupusă, ci chiar obligatorie.

Într-o cercetare ştiinţifică în care nu se cunoaşte dinainte determinarea fenomenelor, se acumulează o serie întreagă de informaţii care conduc în cele din urmă la o anumită concluzie. După ce se descoperă determinarea fenomenelor

se poate constata că foarte multe din informaţiile acumulate nu erau absolut necesare. În acest sens, H. Selye spunea că i-ar trebui mult mai puţin timp şi mult mai puţină hârtie dacă ar începe să studieze din nou sindromul general de adaptare. Cu cât se reduce din nedeterminarea fenomenelor, pe măsura înaintării cercetărilor, informaţiile devin tot mai redundante. De aceea cercetătorii caută de multe ori redundanţa pentru a-şi consolida ipotezele sau teoriile lor, căci dacă într-o experienţă se ajunge la rezultatele prevăzute înseamnă că rezultatele au fost corecte.

Când se expun apoi rezultatele cercetărilor se începe, de obicei, cu prezentarea cunoştinţelor actuale, adică cu ceea ce se cunoaşte în domeniul respectiv. Aceasta înseamnă că se începe, de obicei, tot cu redundanţa. Deşi nu este absolut necesară pentru expunerea rezultatelor, redundanţa este extrem de folositoare cititorului pentru înţelegerea problemei. În redundanţa respectivă cititorul găseşte nişte puncte de sprijin pentru a înţelege mai bine noutăţile pe care le

aduce autorul.

O cercetare ştiinţifică, sau o operă de artă, care ar fi complet lipsită de redundanţă, ar fi absolut neinteligibilă. De aceea un mesaj devine estetic prin plasarea lui undeva între originalitatea perfectă, lipsită de orice fel de redundanţă, şi de aceea complet neinteligibilă, şi banalitatea perfectă, extrem de inteligibilă, deoarece este total redundantă, dar lipsită de orice originalitate care să-i confere valoarea estetică (72,89).

Simetria, echilibrul, repetiţia, ritmul, rima, pe care le găsim în unele opere de artă, reprezintă de fapt redundanţa. Această redundanţă face previzibilă o parte din informaţia pe care vrea să ne-o comunice autorul. După versul lui M. Eminescu: „Sara pe deal buciumul sună cu jale” cititorul va putea prevedea cel puţin terminaţia versului următor: „turmele-l urc, stelele scapără-n cale”.

Redundanţa, adică excesul de informaţie pe care îl găsim în opera unui artist, îi determină

stilul. Ceea ce este redundant, adică ceea ce poate fi găsit în toate operele lui, se transformă în stil. După stilul său el poate fi recunoscut dintre mai mulţi autori.

O catedrală în stil gotic poate avea multe particularităţi, dar ea trebuie să aibă şi anumite elemente comune cu alte catedrale de acelaşi stil. Şi tocmai aceste elemente comune definesc stilul respectiv.

Fără redundanţă un roman ar fi o telegramă. Dacă el nu ar fi plin de amănunte, care nu sunt absolut necesare, autorul nu ne-ar putea introduce în atmosfera pe care vrea să o descrie. Fără redundanţă limbajul ar fi sec, lipsit de coloratură, şi chiar de nuanţele care asigură receptorului o mai bună înţelegere a mesajului şi un anumit sentiment de sccuritate, care derivă din faptul că e mai bine şi mai clar informat. De aceea, omul simte nevoia unei comunicări

(105), care – chiar dacă nu îi aduce nimic nou şi poate tocmai pentru că nu îi aduce nimic nou – îi întăreşte sentimentul de linişte şi de securitate,

subliniind că nimic nou şi periculos nu s-a întâmplat şi nu se întâmplă.

Redundanţa îmbogăţeşte limbajul, oferindu-i o anumită eleganţă. De fapt, eleganţa, chiar şi cea vestimentară, este indisolubil legată de redundanţă. O haină este elegantă nu pentru că are două mâneci, spre exemplu, ci pentru că mânecile sunt mai largi decât ar fi absolut necesar, sau au o margine dantelată, sau sunt tivite cu o blană care ar putea să lipsească, care deci tocmai prin redundanţa lor îi conferă frumuseţe deasupra valorilor sale strict funcţionale.

Fără această redundanţă, pe care, nefiind absolut necesară, putem să o manevrăm între anumite limite, noi nu am putea avea un stil propriu de exprimare, după care putem fi de multe ori recunoscuţi, căci nu ar exista nimic caracteristic, care să poată fi recunoscut şi prevăzut dinainte şi totul ar fi absolut întâmplător şi nedeterminat. Or, stilul nostru, şi al oricărui om, este reprezentat tocmai de ceea ce nu este absolut

întâmplător şi nedeterminat, adică de ceea ce este mai peren şi mai caracteristic, în opera unui artist şi în modul de comportare al unui om. Fără redundanţă lumea ar fi de neînţeles, ar fi formată numai din surprize şi nedeterminare.

Natura împleteşte însă determinarea cu întâmplarea şi informaţia cu redundanţa. Ea apelează la un exces de reprezentări în care aspectul util se împleteşte cu aspectul, numai în aparenţă gratuit, al formelor şi al culorilor. În spatele lor se află însă foarte multă redundanţă, care deşi nu este absolut necesară nu s-ar putea spune nici că este absolut inutilă. Florile au, pe lângă structurile absolut necesare reproducerii, cum ar fi pistilul, receptaculul şi staminele, care intervin în formarea fructelor şi seminţelor, şi o mulţime de petale, care de care mai frumos colorate. Ele sunt redundante dintr-un anumit punct de vedere, căci nu sunt absolut necesare pentru formarea fructelor şi a seminţelor, deşi joacă un anumit rol în atragerea insectelor care produc polenizarea. Pentru om, ele sunt necesare

şi din alt punct de vedere, căci florile sunt cultivate de cele mai multe ori tocmai pentru petalele lor. Şi poate că tocmai prin redundanţa pe care o conţin, oferirea florilor, gingaşe, frumoase şi în aparenţă inutile, conferă celui care le primeşte o anumită stare de confort.

Fără aceste petale atât de frumos colorate, fără penele struţului, fără coada lungă şi redundantă a fazanului, fără blana argintie a vulpii sau coamele atât de ramificate ale cerbului, lumea ar fi mai puţin redundantă, dar şi mai puţin frumoasă.

Dacă ar trebui să demonstrăm că deşi redundanţa nu este absolut necesară, ea este, totuşi, de multe ori foarte utilă, ar fi suficient să arătăm că redundanţa codului genetic poate preveni foarte multe îmbolnăviri. Codul genetic este un cod redundant, deoarece acelaşi aminoacid poate fi codificat de mai multe triplete (195). Aşa spre exemplu, alanina poate fi codificată de tripletul CEG, dar şi de tripletele UCG ŞI ACG. Tot aşa glicina este codificată de

tripletele UGG, AGG ŞI CGG şi aşa mai departe. Înlocuirea uracilului din tripleta UGG cu adenina duce la apariţia tripletei AGG, care codifică însă tot glicina. De aceea unele mutaţii, deşi duc la apariţia unei triplete noi, nu duc şi la tulburarea secvenţei aminoacizilor din molecula de proteină, deoarece tripleta obţinută codifică de multe ori acelaşi aminoacid.

Fără redundanţa structurală, sistemul nu ar fi putut recurge la organizarea supracelulară. Fără redundanţa structurală nu ar fi fost posibilă apariţia mecanismului de *feed-before*, care pentru a putea avea libertatea de alegere.

Trebuie să dispună de mai multe structuri decât ar fi absolut necesar într-o anumită situaţie.

Un semnal care nu este redundant presupune o anumită readaptare. În funcţie de noutatea pe care o aduce, el va putea reprezenta chiar un semnal de alarmă. De aceea informaţia este anxiogenă. Iar redundanţa care nu presupune nicio readaptare, ci dimpotrivă confirmă că organismul este bine adaptat, conferă sentimentul

de linişte, de siguranţă şi de relaxare. De aceea cântecele de leagăn, spre exemplu, conţin foarte multă redundanţă. Repetiţia „nani, nani”, precum şi faptul că nimic nou nu s-a produs şi nu se va produce, conferă sentimentul de linişte şi de relaxare necesar adormirii, aşa cum se întâmplă în cântecul de leagăn al lui I. Minulescu:

Nani, nani…

Dormi în paza nesecatului izvor De priviri

Ce te-nfăşoară ca-ntr-o haină de mătase Nani, nani…

Ochii mamei au vegheat întreaga noapte.

Şi-acum dormi, căci obosite dorm şi florile în vase.

Şi parfumurile lor.

Toate, unul câte unul, pe-al tău leagăn se cobor.

Nani, nani…

Dormi în vraja împletiturilor de şoapte Ce pătrund printre perdele şi te-ndeamnă;

Dormi, căci somnul a cuprins de mult grădina.

Lacul.

Nuferii.

Castanii.

Stânjeneii, şi glicinatoate dorm.

Nani, nani…

Dar nu numai cântecele de leagăn, ci toate creaţiile artistice trebuie să conţină o anumită redundanţă fără de care ele ar fi de neînţeles. De aceea pentru a putea capta atenţia cititorului, pentru a se putea face înţeles şi pentru a putea câştiga o anumită valoare estetică, artistul trebuie să realizeze un anumit echilibru între informaţie şi redundanţă. Dacă opera lui are prea puţină redundanţă, atunci el nu va putea fi înţeles. Dacă opera lui are însă o cantitate prea mare de redundanţă, atunci ea va fi extrem de banală şi desuetă. Desigur că nu toţi artiştii ajung la acelaşi raport între informaţie şi redundanţă. În opera lui M. Eminescu redundanţa medie este de 10,6% (70).

Toate mesajele pe care le primeşte omul trebuie să conţină o anumită cantitate de

redundanţă. Iar procesul de învăţare are un numai rolul de a achiziţiona informaţii noi, ci şi rolul de a transforma informaţia în redundanţă, adică din ceva imprevizibil în ceva care poate fi prevăzut.

ACTIVITATEA UMANĂ CA O SUCCESIUNE DE PROCESE INFORMAŢIONAL-DECIZIONALE

Orice activitate ar desfăşura, chiar şi atunci când desfăşoară o activitate fizică, omul trebuie să efectueze şi nişte procese informaţional-decizionalc. Atunci când proiectează o casă, spre exemplu, el culege mai întâi informaţiile necesare, pe care le prelucrează după anumite reguli pentru a alege soluţiile, adică deciziile corespunzătoare pe care le aşterne la început pe hârtie şi apoi le aplică pe teren. Atunci când începe să sape fundaţia casei, el continuă de asemenea să culeagă informaţiile necesare pentru a ajunge iarăşi la deciziile cele mai adecvate pe care le transpune, cu ajutorul unor unelte, pe teren. Pentru ca fundaţia pe care o va săpa să fie orientată corect şi să aibă dimensiunile corespunzătoare, pentru ca mişcările pe care el le

efectuează să fie adecvate, omul are mereu nevoie de informaţii. Cu ajutorul informaţiilor pe care le culege de pe planul pe care l-a întocmit, sau de pe terenul pe care trebuie construită casă, el va stabili decizia cea mai adecvată de fiecare dată.

Atunci când sapă fundaţia cu excavatorul, respectiv cu mijloace mecanizate, nemaifiind obligat să îndeplinească cu muşchii săi deciziile luate, omul este totuşi obligat să culeagă informaţiile necesare pentru a ajunge la deciziile pe care să le îndeplinească cu maşina. Rolul omului în sistemele mecanizate constă tocmai în culegerea informaţiilor necesare şi în prelucrarea lor pentru a ajunge la deciziile corespunzătoare. Chiar dacă nu mai efectuează muncile fizice, pe care le va efectua maşina, omul trebuie să desfăşoare în continuare procesele informaţional-decizionale. De aceea el trebuie să urmărească mereu modificările elementului, sau obiectului, asupra căruia acţionează, modificările din câmpul în care este plasat acest element, modul de funcţionare a maşinii respective şi chiar starea

propriului său organism. Deosebirile dintre situaţia prezentă şi cea trecută, precum şi dintre situaţia prezentă şi cea anticipată, vor reprezenta tot atâtea surse de informaţie. Informaţiile culese din diferite puncte şi momente ale câmpului de activitate, de la diferitele indicatoare şi aparate, sunt apoi integrate pentru a se ajunge la un tablou de ansamblu al situaţiei, pentru a se stabili dacă situaţia ridică vreo problemă şi ce anume problemă ridică. O problemă se ridică atunci când modificările neprevăzute împiedică desfăşurarea unei activităţi conform programului stabilit anterior şi se impune readaptarea lui. Diferitele informaţii unilaterale, sau mai bine zis semnalele de ordin inferior vor fi conduse spre creier unde vor fi superizate pentru a se descoperi informaţia de ordin superior, prin prelucrarea căreia se va alege decizia cea mai adecvată în condiţiile respective.

Decizia adoptată urmăreşte să stabilească o corespondenţă optimă între intrări şi ieşiri, sau mai bine zis între situaţia de fapt şi rezultatele pe

care el ar vrea să le obţină. Şi acest proces decizional, această corespondenţă, se stabileşte şi se restabileşte ori de câte ori apar situaţii şi informaţii noi în cadrul activităţii, care devine astfel o succesiune de procese informaţional-decizionale (21).

Alegerea deciziei, adică a unei căi de ieşire, depinde de utilitatea pe care organele la care conduce calea respectivă le-ar putea avea în rezolvarea situaţiei. De obicei, alegerea deciziei se face cu ajutorul probabilităţilor logice şi subiective, pe care le acordă decidentul. Informaţiile pe care le culege din mediu îi servesc tocmai pentru a aprecia cât mai bine, pentru a apropia cât mai mult probabilităţile sale subiective de probabilităţile obiective de desfăşurare a evenimentelor.

Înainte de alegerea unei decizii se elaborează mai multe variante posibile, care sunt ierarhizate în funcţie de utilitatea lor. La primirea informaţiilor, generate de condiţiile concrete din mediu, sistemul trebuie să aleagă varianta cea mai

bună, care are cea mai mare probabilitate de a fi cea mai utilă. De modul în care sistemul apreciază cei doi factori, probabilitatea şi utilitatea diferitelor variante, va depinde capacitatea sa de păstrare a identităţii şi stabilităţii.

Datorită succesiunii, uneori destul de rapidă, a situaţiilor, sistemul este obligat să ia anumite decizii în timp util. De multe ori, el nu are timp să-şi culeagă toate informaţiile necesare, sau nu are timpul necesar să le prelucreze. Atunci când dispune de toate informaţiile necesare şi poate prevedea cu probabilitate maximă evoluţia fenomenelor, deciziile sunt luate în condiţii de certitudine. De cele mai multe ori însă, sistemul nu dispune de toate informaţiile necesare şi fenomenele, fiind mai puţin determinate, nu pot fi prevăzute cu o probabilitate maximă, iar sistemul va fi obligat să adopte deciziile în condiţii de risc şi de incertitudine.

Desigur că de-a lungul procesului informaţional-decizional, deciziile care se succed, ca paşii unui algoritm, se vor influenţa unele pe

altele, deoarece rezultatul unei decizii reduce din nedeterminarea fenomenelor. Spre exemplu, dacă în procesele anterioare nu se obţine rezultatul dorit, omul are tendinţa de a-şi reduce aspiraţiile ulterioare şi invers, dacă obţine rezultatul dorit, omul are tendinţa de a-şi ridica nivelul aspiraţiilor sale ulterioare (28).

Deciziile pe care le ia omul în cursul activităţilor sale nu sunt însă numai nişte acte pur raţionale, ci şi nişte acte emoţionale şi sentimentale, deoarece în tot ceea ce îndeplineşte, omul pune şi amprenta emoţiilor şi sentimentelor sale. De aceea chiar în aceeaşi situaţie indivizi diferiţi vor adopta decizii diferite, în funcţie de factorii motivaţionali şi afectivi. Colericii vor lua decizii rapide, uneori chiar riscante şi pripite. Decizia mai depinde şi de vârstă. Vârstnicii iau de obicei decizii mai prudente. Dar decizia depinde în orice caz de gradul de oboseală, care duce la creşterea numărului de erori (28).

Pentru a înlătura subiectivismul şi pentru a uşura alegerea deciziilor optime, care devin

uneori imposibil de găsit prin metodele tradiţionale, s-au elaborat o serie întreagă de metode ştiinţifice din ce în ce mai perfecţionate. Aşa a apărut, spre exemplu, programarea matematică, care caută să determine maximul sau minimul unor funcţii în diferite condiţii. Dacă funcţiile sunt liniare atunci se apelează la programarea liniară. Dacă sunt neliniare se apelează la programarea neliniară. Dacă sunt aleatoare se apelează la programarea stohastică. Iar dacă sunt secvenţiale se apelează la programarea dinamică. Cu ajutorul programării matematice omul poate lua deciziile cele mai adecvate într-o serie întreagă de probleme cum ar fi utilizarea optimă a resurselor, planificarea optimă a producţiei, optimizarea transporturilor etc.

Datorită complexităţii problemelor de rezolvat s-a dezvoltat o ramură nouă, cercetarea operaţională, ştiinţa conducerii sau managementul, care caută să abordeze şi să rezolve problemele în ansamblul lor (1). Această

abordare interdisciplinară este superioară metodelor clasice, care ubordând un singur aspect sau element, pierdeau din vedere interdependenţa sistemică a fenomenelor. Cercetarea operaţională abordează toate elementele care intervin în procesul deciziei: scopul, decidentul, mulţimea alternativelor, mulţimea consecinţelor diferitelor alternative şi utilitatea lor.

Deşi alegerea deciziilor se face în funcţie de scop, spre deosebire de calculatorul electronic, omul este capabil să-şi aleagă şi scopurile. Alegerea scopurilor este şi ea tot o decizie care se face pe baza unor criterii şi aşa mai departe. Desigur că chiar înainte de alegerea lor, este necesar ca decidentul să stabilească dacă sedjâurile propuse pot fi atinse, dacă ele sunt dependente sau independente, dacă sunt compatibile sau incompatibile. Pentru atingerea scopurilor propuse este necesar să se aleagă deciziile cele mai adecvate comparând utilitatea diferitelor alternative posibile şi alegând alternative cu utilitatea cea mai mare.

Pentru a înlătura subiectivismul şi a uşura alegerea, J. Neumann şi O. Morgenstern (94), plecând de la conceptul de preferinţă şi de indiferenţă, au elaborat o metodă de determinare cantitativă a utilităţii. După J. Neumann, decidentul, care compară două alternative posibile, *A* ŞI *B,* poate manifesta una din următoarele trei atitudini:

1. Preferă pe *A* lui *B* (*APB*).

2. Preferă pe *B* lui *A* (*BPA*).

3. Nu preferă nicio alternativă, ambele sunt indife rente (AJB).

Desigur că diferitele alternative au probabilităţi diferite de realizare. De aceea trebuie luate în considerare şi probabilităţile lor, căci degeaba preferăm pe *A* lui *B* dacă şansele realizării lui *A* sunt minime.

Dacă vrem să determinăm utilitatea *u* (*At*) a unei alternative *A*ţplecând de la utilităţile *u* (*Ax*) şi *u* (*A* O) a doua alternative *Ax* şi *A0* între care există relaţia *AIPA0*, şi dacă ştim că *Ai PAfPAg*, atunci va trebui să apreciem probabilitatea *p*

pentru care – p) A O].

Spre deosebire de metoda lui J. Neumann şi O. Morgenstern, există şi metode care nu ţin seama de probabiltăţi, cum ar fi metoda de înjumătăţire a intervalului (21).

În metoda de înjumătăţire a intervalului este suficient a cunoaşte utilitatea cea mai avantajoasă un şi cea mai puţin avantajoasă us pentru a putea obţine utilitatea alternativei uC cu ajutorul relaţiei: $uC = – un + us$. Introduced în relaţie uC se poate afla utilitatea uE aflată la jumătatea intervalului AC şi aşa mai departe.

Dacă mărimea utilităţilor este de multe ori o problemă foarte dificil de stabilit, apoi nici alegerea alternativelor nu este o problemă chiar atât de simplă. Dacă este uşor a alege alternativă cu utilitatea cea mai mare, situaţia se complică foarte mult în cazul în care, aşa cum se întâmplă de obicei, partenerul reacţionează în* aşa fel încât se opune obţinerii avantajului scontat. În cazul în care îndeplinirea deciziei întâmpină o anumită rezistenţă, decidentul trebuie să dea dovadă de o

anumită abilitate, care a fost studiată, după cum am văzut, de către teoria jocurilor (29,94,103). În cadrul jocului cel puţin unul dintre parteneri este inteligent şi prudent, analizează situaţia şi hotărăşte în consecinţă asupra acţiunilor sale.

Acţiunile fiecărui partener fac parte dintr-o strategie care urmăreşte atingerea scopului propus. Pentru aceasta el trebuie să urmărească, de multe ori, nu numai câştigul cel mai mare, ci şi pierderea cea mai mică. Adică decidentul nu urmăreşte de multe ori un câştig maxim, cât un câştig mediu maxim. Iar câştigul nu trebuie confundat cu utilitatea care este, după Bemulli, egală cu logaritmul câştigului.

Pe lângă jocurile cu doi parteneri, există şi jocuri cu trei sau cu mai mulţi parteneri, în care se realizează anumite coaliţii între parteneri.

Jocurile cu trei parteneri se numesc triade (46). În triade există trei mulţimi de strategii posibile (*X*, Y., *Z*, *Ult UZ*, *U*. Dacă jucătorul numărul unu alege strategia *xx* cu probabilitatea *Pxţx*), atunci jucătorul numărului doi alege

strategia *yx*, cu probabilitatea *Pi* (*y1*/*xl*), iar jucătorul numărul trei alege strategia *zx* cu probabilitatea *pi* (*z1*/*xl yx*). Apoi jucătorul numărul unu alege strategia *x2* cu probabilitatea *Pi*ţ. *Xilxu yi*. *Zi*) Şi aŞa mai departe. Triadele se comportă ca un sistem cibernetic cu conexiune inversă, în care strategia primului jucător influenţează strategia celui de-al doilea jucător, strategia acestuia pe a celui de-al treilea. Iar acesta p influenţează pe a celui dintâi.

De multe ori în jocurile cu mai mulţi parteneri apar coaliţii, în care unii dintre parteneri se unesc între ei. Este interesant de remarcat că dacă un jucător urmăreşte să realizeze o coaliţie majoritară cu unul dintre parteneri, el va prefera pe cel mai slab (46). Cel mai puternic nu ar avea interesul să intre într-o coaliţie, deoarece are asigurat câştigul cel mai mare. Pe de altă parte, coaliţia cu cel mai slab este mai avantajoasă, deoarece jucătorul cel mai slab va avea şi pretenţiile cele mai mici. Dacă coaliţia a învins pe cel mai puternic, acesta

devenind mai slab, se va coaliza şi el la rândul său cu celălalt partener, împotriva celui mai puternic, coaliţia putând continua astfel la nesfârşit.

Orice activitate ar desfăşura omul, indiferent dacă este mecanic, constructor, dispecer, arhitect, compozitor, inginer sau medic, el trebuie să primească mereu anumite informaţii şi alege de fiecare dată deciziile corespunzătoare, pe care să le îndeplinească, să le aplice în realitate.

Chiar dacă nu apelează întotdeauna la metodele matematice, el desfăşoară o succesiune de procese informaţional decizionale. El dispune, după cum am văzut, de structurile anatomice, care sunt de fapt nişte structuri logice, necesare desfăşurării jocului, pe care trebuie să îl poarte, pe foarte multe planuri, cu mediul (132,139,154).

Pentru a putea purta acest joc, omul ca adversar inteligent, care preferă jocul cu informaţie completă, trebuie să prelucreze, de multe ori, o cantitate foarte mare de informaţie într-un timp foarte scurt. De aceea el a căutat şi a reuşit să construiască aparate care să-l ajute în

prelucrarea acestor informaţii, amplificându-şi astfel, cu ajutorul lor, inteligenţa, tot aşa cum şi-a amplificat forţa musculară cu ajutorul maşinilor mecanice.

INTELIGENTA ARTIFICIALĂ

t

Deoarece jocul cu informaţie completă este mai avantajos, omul a căutat să culeagă cât mai multe informaţii despre mediul în care trăieşte şi munceşte. Atunci când organele sale de simţ, care nu pot sesiza obiecte extrem de mici, sau extrem de îndepărtate, sau nu pot sesiza deloc prezenţa unor fenomene, cum ar fi radiaţiile nucleare, atunci când organele de simţ s-au dovedit deci insuficiente, omul a inventat aparatele necesare cu care să poată recepţiona şi aceste informaţii. Aşa a apărut microscopul, telescopul, contorul de radiaţii nucleare, radioul, televizorul şi foarte multe aparate şi instrumente care umplu casă, dar mai ales mediul de muncă al omului modern. Cu ajutorul numeroaselor aparate şi instrumente, situate în casă, în laboratoarele şi în tablourile de

comandă ale aproape tuturor maşinilor şi instalaţiilor, omul a ajuns să primească, la un moment dat, o cantitate atât de mare de informaţii, încât de multe ori nu le mai poate prelucra în timp util.

De aceea, pe lângă aparatele şi instrumentele care îl ajută să recepţioneze cât mai multe informaţii, omul a căutat să construiască şi aparate cu care să poată prelucra mai uşor şi mai rapid foarte numeroasele informaţii.

Încercări de a construi aparate de prelucrare a datelor, sau a informaţiilor, au existat de foarte multă vreme. Pascal şi Leibnitz au conceput, în secolul al XVII-lea, nişte dispozitive mecanice de calcul, pentru a-l putea ajuta pe om în efectuarea unor operaţii aritmetice. Dispozitivele lor erau formate dintr-un sistem de rotiţe cu 10 dinţi. Adunarea însemna învârtirea unei rotiţe, care reprezenta unităţile, cu un număr de dinţi corespunzător sumei celor doi termeni. Dacă termenii erau 3 şi *4*, atunci rotiţa se învârtea cu trei dinţi şi apoi cu încă patru dinţi, ceea ce

reprezenta în total şapte dinţi. Dacă suma termenilor depăşea 10, aşa cum se întâmplă în cazul termenilor 7 şi 8, atunci se făcea un transport la rotiţa alăturată, care reprezenta zecile, iar ceea ce trecea peste zece rămânea la rotiţa unităţilor şi aşa mai departe.

Prin 1834, matematicianul englez Ch. Babbage a elaborat principiile de funcţionare ale unei maşini de calcul, principii care pot fi întâlnite şi la calculatorul modern de astăzi. Ch. Babbage şi-a conceput maşina din trei părţi: magazia, moara şi comanda. Magazia cuprinde, ca şi memoria calculatorului modern de astăzi, toate datele ce urmau a fi prelucrate. Moara, sinonimă cu blocul de calcul al calculatorului modern, era cea care trebuia să prelucreze datele respective. Iar comanda, sinonimă cu blocul de comandă al calculatorului electronic, asigura funcţionarea automată a maşinii.

În 1887 H. Hollerith a realizat un sistem mecanic de prelucrare a datelor cu ajutorul cartelelor perforate.

Prin* 1920 au apărut maşinile electronice, iar prin 1940 s-au introdus în construcţia calculatoarelor releele, care funcţionau mult mai rapid. Cu ajutorul releelor care pot închide şi deschide un circuit şi al roţilor numărătoare s-a construit în 1944 prima maşină de calcul MARK I, capabilă să efectueze automat o succesiune de operaţii.

Pentru a mări viteza de lucru şi pentru a înlătura dificultăţile legate de funcţionarea dispozitivelor mecanice, releele şi rotiţele numărătoare au fost înlocuite cu tuburi electronice. Cu 18.000 de tuburi electronice a fost construit, prin 1946, primul calculator electronic denumit ENIAC, care lucra de 1000 de ori mai repede decât MARK I. Rotiţa cu zece dinţi a lui Pascal a fost înlocuită în ENIAC cu un bloc de zece tuburi electronice legate în circuit (fig. 43). Tuburile electronice, ca şi releele, erau folosite ca elemente bistabile. Ca şi releele, care pot fi închise sau deschise, tuburile electronice, deşi nu sunt binare prin construcţia lor, sunt folosite

totuşi ca elemente binare, utilizându-se în acest scop numai cele două situaţii extreme de conducere a curentului şi ignorându-se variaţiile dintre ele. Apariţia unui impuls aduce elementul bistabil din starea *A* în starea *B*, sau din starea e în starea 1. La primirea celui de-al doilea impuls elementul bistabil revine în starea zero transmiţând însă un impuls elementului bistabil următor. Astfel, dacă primele două elemente din blocul numărător se află în

Fig. 43. Spre deosebire de reata numărătoare a lui Pascal, calculatorul Eniac folosea 10 elemente bistabile aranjate în serie. Un impuls aduce primul clement din poziţia e în poziţia 1. Al doilea impuls readuce primul element în poziţia O, trecând însă al doilea element în poziţia 1 şi aşa mai departe.

Starea 1 înseamnă că s-au numărat trei impulsuri. Primul a dus la trecerea primului

element din poziţia e în poziţia 1. Al doilea a readus primul element în poziţia O, dar a transmis un impuls celui de-al doilea element bistabil care a trecut în poziţia 1. Cel de-al treilea impuls va aduce însă din nou primul element în poziţia 1 şi aşa mai departe.

Deoarece tuburile electronice au un volum foarte mare şi consumă foarte multă energie, ele au fost înlocuite cu tranzistori. Calculatorul ENIAC, care era format din 18.000 de tuburi electronice, avea o greutate de 300 de tone şi consuma 150 kw.

Tranzistorii, care au înlocuit tuburile electronice mai mari şi mai greoaie, au capacitatea de a conduce mai uşor curentul electric de la cristal spre conductor decât de la conductor spre cristal. De aceea şi tranzistorii ca şi tuburile electronice, releele sau miezurile de ferită, din care sunt construite calculatoarele electronice, sunt deci tot elemente bistabile.

Aşadar, cel mai adecvat mod de numărare şi de înscriere a datelor în calculatorul electronic

este sistemul binar. Pentru a număra în baza doi, elementul bistabil, fie el releu, tub electronic sau inel de ferită, aflat în starea o va trece în starea 1. Iar dacă se află în starea 1 va trece în starea O, transmiţând, sau transportând, cum se mai spune, un impuls care va aduce în starea 1 elementul următor.

Pentru a putea lucra astfel, calculatorul electronic trebuie să convertească datele de intrare, reprezentate de obicei în sistem zecimal sau literal, în sistem binar. Iar la ieşire să reconvertească datele rezultate din procesele de calcul, efectuate în sistem binar, din nou în sistem zecimal sau literal. Convertirea şi reconvertirea se fac după un cod (fig. 44).

Există, după cum arată J. S. Murphy (91), şi calculatoare care lucrează în sistem binar-zecimal, care nu convertesc întregul număr în sistem binar, ci doar fiecare cifră în parte. Adică în loc să convertească întregul număr zecimal, 15 spre exemplu, şi să îl scrie 1111, aşa cum se scrie el în sistem binar, ele convertesc cifra unu separat şi

cifra cinci separat.

Datele care urmează să fie prelucrate de către calculatorul electronic sunt înscrise mai întâi pe nişte suporturi speciale, cum ar fi cartelele perforate, benzile perforate sau benzile magnetice.

O	1	O	O	O	O	1	
1	O	O	O	O	1	O	
2	1	O	O	O	1	O	
3	.1	O	O	O	1	1	
U	O	O	O	O	1	1	
5	O	O	O	1	O	O	
6	1	O	O	1	O	O	
7	1	O	O	1	O	1	
8	O	O	O	1	O	1	
9	1	O	O	1	1	O	
A	1	O	1	O	1	O	
B	O	O	1	O	1	O	
C	O	O	1	O	1	1	
D	1	O	1	O	1	1	
E	1	O	1	1	O	O	
E	O	O	1	1	O	O	

G	O	O	1	1	O	1	
H	1	O	1	1	O	1	
I	O	O	1	1	1	O	

J'tg. 44. Codul de conversie a datelor alfanumerice în sistem binar (dup & J. Murphy). După cum se vede, cifra o nu este codificaţi cu 0000, ci cu 0011, fiind vorba deci de un cod cu exces trei, care este cel mai popular deoarece uşurează transportul şi complementarea.

Cartela perforată este confecţionată dintr-un carton cu anumite proprietăţi de rezistenţă şi elasticitate, de dimensiuni standardizate. Pe faţa cartelei sunt imprimate, în linie dreaptă, pe rânduri orizontale, cifrele de la o la 9 (fig. 45). Deasupra rândului o s-o mai află două rânduri necesare pentru înregistrarea literelor şi a semnelor aritmetice. Cartela poate avea 80 – 90 de coloane. Cifrele şi literele pe care vrem să le introducem în calculator se înregistrează nu pe rânduri, ci pe coloane. Pentru înregistrarea unei

cifre se perforează cartela la intersecţia coloanei respective cu linia corespunzătoare cifrei respective. Înregistrarea literelor sau a semnelor aritmetice se face după un cod special (65). Litera *A*, spre exemplu, se va înregistra printr-o perforaţie pe linia o şi una pe linia 12 de deasupra liniei o şi pe coloana de sub litera *A*. Litera *B* se va înregistra printr-o perforaţie pe linia 1 şi una pe linia 12 etc.

Datele înscrise pe cartelele perforate sunt citite electric, cu ajutorul unei perii, care trecând peste cartela perforată stabileşte anumite contacte electrice, sau optic, cu ajutorul unor celule fotoelectrice.

Fig. 45. Reprezentarea schematică a unei cartele perforate. Dreptunghiurile negre reprezintă perforaţiile literelor şi cifreler înşiruite pe rândul de sus al cartelei.

De la blocul de intrare, care poate citi până la 2000 de cartele pe minut, datele de intrare transformate în semnale electrice şi convertite în sistem binar sunt introduse în inemoria calculatorului.

Memoria calculatorului este formată din inele de ferită, tambure, discuri sau benzi magnetice. Inelele de ferită, clin care este formată memoria internă a calculatorului, reprezintă fiecare câte o celulă elementară de memorie (fig. 46) Ele se vor putea magnetiza într-un sens sau în altul, în funcţie de sensul curentului care parcurge firele ce străbat inelele respective. De aceea fiecare inel, putându-se afla în două stări distincte, va putea memora un bit. Inelele sunt ordonate într-o reţea aranjată în aşa fel încât calculatorul să se poată adresa la opt inele, sau la un multiplu de opt. Aceste opt inele care pot memora opt biţi formează un octet, sau un bait, cum i se mai spune. Ele reprezintă o adresă, sau o locaţie în memoria calculatorului. Iar informaţia care se poate păstra într-o astfel de locaţie formează un

cuvânt.

Benzile magnetice, sau discurile magnetice, funcţionează şi ele, ca şi inelele de ferită, tot după principiul binar. Anumite porţiuni ale lor pot fi magnetizate sau nu, putând stoca astfel o mare cantitate de informaţie în memoria externă a calculatorului electronic. Un pachet de 12 discuri Memorex pot memora 7 250.000 de octeţi. Timpul de acces la benzi şi la discuri este însă mai lung decât timpul de acces la memoria de ferită. Timpul de acces la memoria externă este de 125 ms iar timpul de acces la memoria internă este de 2 ms (1 microsecundă = 10 fi secunde).

Pentru a rezolva o problemă cu ajutorul calculatorului electronic, ea trebuie mai întâi enunţată cât mai clar pentru a putea reprezenta toate datele ei pe cartele sau pe benzi

Fig. 46. Reprezentarea unui inel de ferită care poate memora o informaţie 1 sau e în funcţie

de sensul curentului care străbate firele din centrul lor.

Perforate. Aceste date sunt apoi preluate de dispozitivele de intrare şi înscrise în memoria calculatorului (5).

Calculatorul va trebui să le prelucreze în aşa fel încât să ofere soluţia problemei. Dar deşi dispune de toate datele problemei, el nu ştie încă cum să le prelucreze. Adică nu ştie ce operaţii şi în ce succesiune să efectueze cu ele. Acest lucru trebuie să i-l comunice omul, care a enunţat şi problema şi i-a oferit datele ei. De aceea înainte de a oferi şi a cere calculatorului să rezolve o problemă, omul trebuie să elaboreze şi să-i ofere calculatorului şi algoritmul, adică regulile ei de rezolvare. Algoritmul trebuie să reprezinte succesiunea de reguli care să indice exact modul ei de rezolvare (71). Algoritmul constă din unul sau mai mulţi paşi finiţi. Paşii algoritmului se execută unul după altul, dacă nu se indică altfel. În matematică se apelează foarte des la algoritmi. Printr-un algoritm se poate afla, spre exemplu, cel

mai mare divizor comun. În acest algoritm se porneşte de la faptul că cel mai mare divizor comun a doua numere întregi, în şi *n*ţ*tn* >»), este egal cu cel mai mare divizor comun al numerelor *n* şi r. Numărul *r* reprezintă restul împărţirii lui în la n. Algoritmul acesta are patru paşi. Pasul unu arată că dacă *în* < *n*, numerele se vor schimba între ele, ceea ce se notează cu în ++ *n*. Pasul al doilea arată că trebuie să împărţim pe în la *n* şi să găsim restul *r*. Pasul al treilea arată că dacă *r* = O atunci *n* este cel mai mare divizor comun. Pasul al patrulea arată că dacă *r* O, atunci se înlocuieşte în cu n şi *n* cu *r*, ceea ce se poate scrie *în* «*n* şi *n* <*r* şi se reia algoritmul de la pasul doi.

Un algoritm poate fi reprezentat grafic, cu ajutorul unor anumite simboluri, obţinându-se o schemă foarte sugestivă de rezolvare a problemei respective (fig. 47). Dar acest algoritm nu poate fi înţeles de către calculator. De aceea omul trebuie să-i ofere aceste instrucţiuni într-un limbaj care să-i fie accesibil. Iar limbajul accesibil trebuie să fie în primul rând un limbaj binar.

Deoarece este foarte greu de scris un program în sistem binar, s-au conceput nişte programe intermediare, care să fie accesibile, după o anumită prelucrare atât maşinii cât şi omului. Astfel, în afară de limbajul maşinii, reprezentat în cod binar, s-au conceput nişte limbaje simbolice, algoritmice, altele nealgoritmice, sau conversaţionale, care sunt traduse în cele din urmă, tot de către calculator, în cod binar. Programele scrise în alt sistem decât cel binar, în

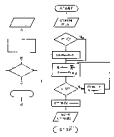


Fig. 47. Reprezentarea grafică a algoritmului de aflare a celui mai mare divizor comun. Figurile geometrice cu care se realizează reprezentarea grafică au următoarea semnificaţie: /l-intrare, ieşire, 2? prelucrare, Cdecizie, D-începutul şi sfârşitul algoritmului.

Care lucrează maşina, uşurează foarte mult

munca programatorului. Dar ele nu reprezintă decât nişte programe intermediare pe care calculatorul trebuie să le traducă, cu ajutorul unui compilator, în program obiect, scris în cod binar.

În limbajele simbolice pentru a reprezenta operaţia de adunare se foloseşte prescurtarea AD. Limbajele simbolice sunt legate însă de calculatorul utilizat: Limbajul ASIRIS pentru Felix C-256 şi limbajul ASSEMBLER pentru calculatorul IBM 360, spre exemplu.

Cu ajutorul limbajelor algoritmice, care nu depind de calculatorul utilizat, s-a ajuns la posibilitatea ca acelaşi program să fie rulat pe calculatoare diferite. Există mai multe limbaje algoritmice. Cele mai răspândite sunt FORTRAN (de la

FORmula TRANslator), COBOL (de la COmmon Business Oriented Language) şi ALGOL (de la ALGOritmic Language).

Instrucţiunile din limbajele algoritmice sunt alcătuite din cuvinte a căror mulţime reprezintă vocabularul limbajului respectiv, şi aranjate după

nişte reguli care reprezintă sintaxa lui.

Cuvintele limbajului FORTRAN pot fi împărţite în două categorii: 1. Comenzi şi 2. Declaraţii.

Comenzile pot fi de intrare-ieşire, cum ar fi READ (citeşte) şi WRITE (scrie), sau de control, cum ar fi GO TO (mergi la), IF (dacă), CALL (cheamă), RETURN (introduce), CONTINUE (continuă) şi DO (efectuează). Comenzile reprezintă deci nişte instrucţiuni pe care trebuie să le execute calculatorul.

Spre deosebire însă de comenzi, declaraţiile reprezintă nişte instrucţiuni neexecutabile, care descriu caracteristicile sau modul de aranjare a datelor, instrucţiuni necesare compilatorului pentru a putea traduce programul sursă în program obiect.

Deoarece blocul de calcul al calculatorului poate efectua operaţii atât cu numere întregi, reprezentate în sistem binar, cât şi cu fracţii reprezentate în sistem binar, cu numere zecimale, sau cu operanzi logici, limbajul simbolic trebuie să

specifice de fiecare dată cu ce tipuri de date se lucrează. Pentru aceasta se folosesc cuvintele INTEGER, REAL, DOUBLE, PRECISION şi altele.

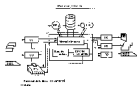
Comenzile şi declaraţiile programului sunt înscrise pe un formular standard de programe, care are 80 de coloane. Fiecare linie reprezintă imaginea unei cartele perforate care are şi ea 80 de coloane.

Toate instrucţiunile cuprinse în program sunt introduse, odată cu datele problemei, în memoria calculatorului. De aceea atunci când va indica calculatorului ce operaţie şi cu ce date trebuie să efectueze, programul nu va indica de fapt decât adresele datelor respective din memoria calculatorului. Astfel, o instrucţiune va specifica operaţia de executat, adresa operanzilor respectivi şi adresa la care trebuie înregistrat rezultatul. Iar pentru ca activitatea să se poată desfăşura automat, fiecare instrucţiune va indica şi adresa instrucţiunii următoare. Aceste patru adrese pot fi reduse la două, dacă adresa celui de-al doilea operant devine şi adresa de înregistrare a

rezultatului şi există un numărător de instrucţiuni, care face inutilă indicarea adresei instrucţiunii următoare.

Pentru a îndeplini o instrucţiune, calculatorul transferă deci anumite date din memorie în blocul de calcul logiconiatematic şi transferă rezultatul înapoi în memorie. Pentru ca acest transfer să se desfăşoare în succesiunea corespunzătoare programului de rezolvare a problemei, blocul de comandă, care recunoaşte instrucţiunile pe care le primeşte din memorie, va face legătura între diferitele unităţi ale memoriei şi diferitele unităţi de prelucrare aritmetică, ca şi un dispecer de cale ferată. Pentru a putea realiza acest lucru, blocul de comandă deschide sau închide anumite căi care, tocmai pentru că pot fi închise sau deschise, se numesc porţi. Calculatorul electronic este format deci, după cum arată J. S. Murphy (91), dintr-un bloc de intrare, prin care se introduc datele şi programul de prelucrare a lor, dintr-o memorie internă şi una externă, care cuprind atât datele problemei, cât şi instrucţiunile de

prelucrare a lor şi apoi rezultatele obţinute, dintr-un bloc de calcul aritmetic, dintr-un bloc de comandă, care face legătura între diferitele unităţi ale memoriei şi, în sfârşit, dintr-un bloc de ieşire (fig. 48).



Fig, *48*. Schema bloc a unui calculator electronic (după. M. Lovin). *CE*cititor de cartele, CB-cititor de bandă, perforată, Jlf S-maşină de scris, *I'M*-unitate de bandă magnetică, *DM*-disc magnetic, TM-tambur magnetic, /i? imprimantă rapidă, PE perforator de cartele, puperforator de bandă. Cu linie continuă este reprezentată circulaţia datelor, iar cu linie întreruptă, circulaţia comenzilor.

Toate aceste blocuri sunt formate din diferite elemente bistabile: tuburi electronice, tranzistori, ferite, legate între ele prin diferite porţi.

Porţile care servesc la transferul de

informaţii dintr-o parte în alta a calculatorului electronic pot fi de două feluri: 1) de tip ŞI care emit semnale de ieşire numai dacă primesc semnale la toate intrările şi 2) de tip SAU, care emit semnale de ieşire şi atunci când primesc semnale pe o singură intrare. Poarta ŞI poate fi comparată cu nişte relee legate în serie. Iar poarta SAU poate fi comparată cu nişte relee legate în paralel (fig. 49). Porţile sunt construite din tranzistori. Poarta ŞI este construită din tranzistori cu anozii legaţi între ei şi conectaţi printr-o rezistenţă comună la +100 V. În acest circuit ŞI numai dacă toate intrările sunt la nivel înalt, ieşirea va fi şi ea la nivel înalt. Dacă una dintre intrări va fi la nivel jos, ieşirea va fi şi ea la nivel jos. Poarta SAU este formată şi ea tot din tranzistori, dar cu catozii legaţi între ei. În poarta SAU apare un potenţial înalt la ieşire şi atunci când numai la una din intrări apare un potenţial înalt.

Transportul în calculator se poate face în două feluri: 1) în serie sub forma unor succesiuni

de impulsuri de-a lungul

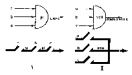


Fig. 49. Pentru transferul de date sau comenzi, dintr-o parte în alta a calculatorului, se folosesc nişte porţi, adică nişte circuite care emit semnale de ieşire numai atunci când sunt îndeplinite anumite condiţii de intrare. Există porţi ŞI, fig. I, care nu emit semnale de ieşire decât atunci când primesc toate semnalele de intrare, şi porţi SAU, fig. II, care emit semnale de ieşire şi atunci când primesc un singur semnal de intrare (după J. Murphy)

Aceluiaşi canal şi 2) în paralel, sub forma unor impulsuri care apar în acelaşi timp pe mai multe canale.

În timpul funcţionării, calculatorul extrage de obicei dintr-o locaţie a memoriei sale, numită registru, o informaţie minimă de 32 de biţi adică de patru baiţi, sau octeţi, care reprezintă un

cuvânt format din 10 – 12 cifre. Blocul de calcul la care ajung aceste cuvinte, extrase din memorie, nu poate efectua cu ele decât operaţii foarte simple: de adunare, de scădere, de înmulţire, de împărţire şi câteva operaţii logice elementare, pe care le execută însă extrem de rapid. De aceea pentru a putea rezolva o problemă cu ajutorul calculatorului electronic, algoritmul ei trebuie redus la o succesiune de operaţii elementare, ceea ce subliniază, încă o dată, că dincolo de aparenţe, inteligenţa este mai mult a programatorului decât a calculatorului.

Adunarea se efectuează foarte simplu: elementul binar din care este alcătuit registrul acumulator, adică registrul care conţine unul dintre operanzi şi are rolul de a-l acumula pe al doilea, va trece din starea e în starea 1, iar dacă va trebui să treacă din starea 1 în starea O, atunci va transmite elementului bistabil următor un impuls care-l va trece din starea e în starea 1 şi aşa mai departe.

Şi scăderea devine însă în calculator tot o

adunare. Ea se face la fel ca şi adunarea, numai că nu se adună numărul respectiv, ci complementul lui, ceea ce în cod binar se obţine prin inversarea cifrelor. De aceea înainte de a fi introdus în sumator numărul de scăzut va trece printr-un complementator.

Înmulţirea se face prin adunarea repetată a numărului de înmulţit cu el însuşi, de atâtea ori de câte ori arată înmulţitorul. Singura problemă pe care o pune înmulţirea este aceea de a număra de câte ori s-a efectuat adunarea şi de a o opri atunci când s-a efectuat de atâtea ori de câte ori arată înmulţitorul.

Împărţirea se face prin scădere repetată, ceea ce înseamnă de fapt tot o adunare repetată, dar cu împărţitorul complementat. Rezultatul împărţirii este egal cu numărul de scăderi, sau mai bine zis de adunări repetate a împărţitorului complementat cu deîmpărţitul, până când se obţine un rest negativ.

Pentru efectuarea operaţiilor algebrice se iau în considerare şi semnele plus sau minus,

reprezentate prin primul bit al cuvântului; O pentru plus şi 1 pentru minus. La semne identice se adună, iar la semne diferite scade. Pentru a scădea numărul cel mai mic din cel mai mare, calculatorul ar trebui să compare cele două numere. Uneori nu mai face însă această operaţie, ci calculează complementul unuia din numere, efectuează adunarea şi utilizează semnul celuilalt număr. Dacă alegerea a fost greşită, ceea ce se poate constata prin inexistenţa transportului, se recomplementează rezultatul şi se inversează semnul.

Toate operaţiile sunt deci reduse în calculator la o succesiune de adunări. De aceea marea lui calitate nu constă în operaţiile pe care le efectuează, ci în viteza care poate atinge 2,5 milioane de operaţii pe secundă şi în marea lui capacitate de memorare, de opt până la 10 milioane de cifre.

În timp ce creierul uman, care lucrează electrochimic, nu poate prelucra conştient mai mult de 16 biţi pe secundă, calculatorul electronic

poate prelucra 80 de milioane de biţi pe secundă. Chiar dacă o parte din această fantastică capacitate de lucru este folosită cu un randament relativ redus, prin reducerea tuturor operaţiilor la adunări repetate, calculatorul poate prelucra în timp util o mare cantitate de informaţii. Această prelucrare o poate face, desigur, doar atunci când omul îi oferă programul exact după care trebuie prelucrate aceste informaţii. Calculatorul nu are nicio iniţiativă proprie. Inteligenţa calculatorului nu este de fapt decât inteligenţa omului care l-a construit şi care îi oferă în permanenţă programele de funcţionare. Dar deşi nu este dotat cu niciun fel de inteligenţă şi când spunem inteligenţă artificială folosim, desigur, o figură de stil, calculatorul îl poate ajuta totuşi pe om în prelucrarea acelei imense cantităţi de informaţie care îl asaltează neîncetat.

Pentru a rezolva o problemă cu două variabile, sau necunoscute, *x* şi *y*, omul trebuie să rezolve un sistem de două ecuaţii cu două necunoscute, ceea ce implică şase operaţii. Pentru

rezolvarea unui sistem de trei ecuaţii cu trei necunoscute, trebuie să efectueze 24 de operaţii. Pentru rezolvarea unui sistem de cinci ecuaţii cu cinci necunoscute, trebuie să efectueze 124 de operaţii. Iar pentru a rezolva un sistem de 100 de ecuaţii cu 100 de necunoscute, numărul operaţiilor care trebuie efectuate nu poate fi scris decât cu un număr format din 170 de cifre, în timp ce numărul secundelor dintr-un miliard de ani poate fi scris cu un număr format din 17 cifre. Aceasta înseamnă că omul nu poate calcula niciodată, prin metodele clasice, sistemul de ecuaţii cu 100 de necunoscute, necesar pentru a calcula zborul unei nave spaţiale, spre exemplu (98).

Existenţa unor probleme foarte complexe, care necesită prelucrarea unor mari cantităţi de informaţie, a impus utilizarea calculatorului în multe domenii de activitate. Calculatorul poate fi întâlnit astăzi nu numai în bănci, sau în servicii de contabilitate, ci şi în transporturi, în cercetare, în documentare, în proiectare, în construcţii, în

spitale etc. Calculatorul este folosit în traducerea automată, dintr-o limbă în alta, în grafică, în literatură, în muzică etc. Calculatorul a devenit astfel un adevărat coleg de muncă al multor specialişti (98).

În medicină calculatorul îl poate ajuta pe medic nu numai în gestiunea datelor, ci şi în prelucrarea lor. Iar marea sa capacitate de memorare este extrem de folositoare pentru constituirea unor bănci de date medicale.

Calculatorul poate fi folosit şi în diagnosticul medical (120,133). Greutatea folosirii calculatorului în procesul de diagnostic rezidă în faptul că acelaşi simptom şi chiar acelaşi sindrom, adică acelaşi grup de simptome, pot apărea în mai multe boli şi uneori în foarte multe boli. Simptomele sunt foarte greu de evaluat şi de ierarhizat. Ele sunt de multe ori chiar foarte greu de descris. Iar descrierile care se fac sunt de multe ori mult prea vagi pentru a putea fi folosite în regulile exacte şi fără echivoc pe care le solicită calculatorul electronic. Cu toate aceste greutăţi

calculatorul poate fi folosit în procesul de diagnostic. El poate sugera medicului, care i-a oferit un anumit program de funcţionare, diagnosticul cel mai probabil şi poate solicita chiar şi investigaţiile necesare confirmării lui (fig. 50). Apoi calculatorul poate fi folosit şi în interpretarea acestor investigaţii. El poate citi electrocardiograme, electroencefalograme şi filme radiologice, fără să mai vorbim de faptul că tomografia computerizată, care face o adevărată disecţie anatomică în organismul viu, punând în evidenţă formaţiuni care nu pot fi vizualizate cu metodele clasice, îşi bazează rezultatele tocmai pe marea capacitate de prelucrare a calculatorului electronic.

În artă, calculatorul este folosit ca ajutor al artistului, sau chiar ca creator independent. Pentru a putea crea opere de artă, calculatorul acţionează asupra unor semne.

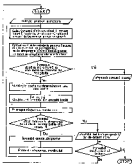


Fig 50 Organigrama diagnosticului clinic meoical cu ajuxcrul calculatorului electronic (după un program elaborat de A. Restian şi

P. Iacob.

El poate acţiona, spre exemplu, asupra duratei, înălţimii sau intensităţii sunetelor, sau asupra lungimii, grosimii, distanţei sau unghiului de incidenţă a unor linii.

Prin folosirea metodei Monte Carlo, de elaborare a unor numere aleatoare, în programul de prelucrare a acestor semne, calculatorul poate da dovadă de multă fantezie, dezvoltând un foarte mare număr de variante ale aceleiaşi teme. Astfel, calculatorul acţionează ca un amplificator al creierului, care, după cum remarcă A. Moles (89), nu poate epuiza toate combinaţiile posibile, pentru a duce până la sfârşit toate ideile imaginaţiei sale. Aceasta înseamnă că niciun artist n-a reuşit să

exploateze integral toate posibilităţile pe care i le-a oferit talentul său, şi că opera unui artist poate fi completată cu ajutorul calculatorului electronic. Max Bense a produs cu ajutorul calculatorului un text care poate fi considerat ca o pagină inedită de Kafka.

Tocmai pentru a dezvolta ideile imaginaţiei lor, unii compozitori, ca Ianis Xenakis, sau graficieni, ca Zdenek Sykora, îşi realizează operele lor artistice cu ajutorul calculatorului electronic. Artistului îi revine sarcina de a întocmi programul de prelucrare a semnelor şi de a alege din mulţimea variantelor pe care i le oferă maşina varianta pe care el o consideră cea mai valabilă.

Desigur că oferindu-i o anumită libertate, prin înzestrarea cu un generator de numere aleatoare, poate fi lăsată pe seama maşinii şi varianta cea mai bună. În legătură cu generatorul de numere aleatoare, ar fi interesant de remarcat că M. Maliţa (68) vorbeşte, în cadrul unei paradigme fantastice, că şi la om ar exista o glandă a hazardului, care ar avea rolul de a stabili

legături aleatoare necesare imaginaţiei şi fanteziei. Dar chiqr dacă o astfel de glandă a hazardului nu există ca entitate anatomică creierul omului are posibilitatea de a stabili legături aleatoare, tot aşa cum metoda Monte Carlo oferă sistemelor tehnice numere pur întâmplătoare, pentru a compensa rigiditatea programului lor de funcţionare, sugerând astfel o anumită fantezie.

Oferindu-i-se câteva reguli de compoziţie, de contrapunct şi de armonie, calculatorul electronic al Universităţii din Illinois a compus suita ILLIAC, pentru cvartet de coarde.

Tot aşa, dacă i se oferă un repertoriu de cuvinte, de reguli de formare a propoziţiilor şi un generator de numere aleatoare, adică o glandă a hazardului, a imaginaţiei şi fanteziei, calculatorul electronic poate scrie poezii. Chiar dacă nu a reuşit să se încadreze în acel echilibru extrem de fragil dintre informaţie şi redundanţă, conţinând prea puţină redundanţă şi prea multă informaţie, Autopoemul nr. 312, compus de un calculator IBM

7090, reprezintă totuşi, după cum aratăv. E. Maşec (72), o producţie literară destul de remarcabilă:

„Visele fericite plouă
Inima sărută firul de iarbă
Verdele se răsfiră pe zveltul iubit
Zarea-i departe şi melancolică
Vulpile dorm liniştit
Visul mângâie luminile
Un somn plin de vise câştigă o lume
Farmecul îngheaţă unde această scânteiere se joacă
Magii dansează firavul păstor”.

Dacă i se oferă regulile corespunzătoare, adică un program după care să poată prelucra datele necesare, calculatorul electronic poate juca şah. Datorită marii sale viteze de lucru, el poate calcula cu uşurinţă numeroasele variante posibile şi să aleagă varianta cea mai bună.

Dată fiind utilizarea pe scară din ce în ce mai mare a calculatoarelor, se prevede ca în viitorul apropiat industria lor să depăşească industria

automobilului. Dar calculatoarele nu numai că devin mai numeroase, ci se şi perfecţionează neîncetat. Au apărut microprocesoarele, capabile să conducă o serie întreagă de procese tehnologice. Apoi se fac progrese în uşurarea comunicării cu calculatorul, pentru ca aceasta să fie cât mai simplă şi mai directă, prin intermediul cuvintelor scrise, sau chiar vorbite. S-au pus la punct sisteme capabile să recunoască diferite combinaţii de litere scrise sau rostite (15).

Utilizarea unui limbaj natural şi apariţia unor terminalii, adică a unor dispozitive de intrare-ieşire, portative, cu care să se poată comunica prin radio cu centrul de calcul, va permite un dialog mai uşor cu calculatorul, care va intra astfel şi mai mult în viaţa noastră de fiecare zi, scutindu-ne de multe munci plictisitoare şi obositoare.

IMPERFECŢIUNILE CIBERNETICE ALE ORGANISMULUI UMAN

Dacă principala calitate a sistemelor cibernetice este aceea de a-şi păstra propria lor

identitate, în pofida numeroaselor variaţii din mediul care le înconjură, atunci organismul uman este cel mai perfecţionat sistem cibernetic, deoarece reuşeşte să-şi păstreze şi chiar să-şi dezvolte propria lui identitate, pe un front mult mai larg şi în medii mult mai variate decât toate celelalte animale. Spre deosebire de toate celelalte animale, omul poate trăi la orice latitudine, de la Ecuator şi până la poli, atât în clima ecuatorială, cât şi în clima tropicală, subtropicală, temperată şi rece. Adică el poate rezista atât în deşerturile pe care le străbate cu cămile, cât şi în zonele polare pe care le străbate cu renul. Atât renul, cât şi cămila sunt mult prea bine adaptate unui anumit mediu de viaţă pentru a se mai putea adapta şi altor medii. Tocmai pentru că nu este perfect adaptat nici climei de deşert şi nici climei polare, omul este capabil să trăiască în amândouă.

Dar deşi este cel mai perfecţionat sistem cibernetic» omul are totuşi anumite imperfecţiuni, deoarece suferă şi el într-o oarecare măsură

influenţele variaţiilor din mediul în care trăieşte. Dar la variaţii la care celelalte animale mor, el cel mult se îmbolnăveşte. Îmbolnăvirea se datoreşte, de cele mai multe ori, imperfecţiunii mecanismelor de reglare, care nu mai pot face faţă unor factori, ce devin astfel factori patogeni (144).

Toate mecanismele de reglare intraşi extracelulară au anumite limite şi chiar anumite imperfecţiuni, în absenţa cărora sistemul nu s-ar mai degrada niciodată.

Atât în reglarea intracelulară, cât şi în reglarea extracelulară un rol deosebit îl are informaţia structurală, spre exemplu, adică informaţia înscrisă în structura substan ţelor, pe care acestea o poartă cu ele. Informaţia structurală face ca programul de funcţionare al sistemului să fie înscris în propria lui structură. Informaţia structurală face posibilă recunoaşterea diferitelor molecule între ele, contribuind astfel la autoreglarea reacţiilor biochimice. Desfăşurarea reacţiilor biochimice după programul înscris în

informaţia structurală reprezintă nu numai un progres, ci şi o necesitate, căci altfel nu ar putea fi reglate şi cu atât mai puţin autoreglate numeroasele reacţii biochimice care au loc în fiecare organit şi în fiecare celulă. Deşi a reprezentat un progres şi o necesitate, înscrierea programului de funcţionare a sistemului în propria lui structură a reprezentat şi un risc, căci odată cu alterarea structurii se poate altera şi programul ei de funcţionare. Aspectul informaţional este preferat de sistemele cibernetice tocmai pentru că el le oferă posibilitatea de a evita contactele substanţial-energetice, care ar putea duce la creşterea entropiei. Or, în cazul informaţiei structurale acest contact direct nu este evitat. Pentru a putea face schimbul necesar de informaţie structurală, subsistemele trebuie să vină în contact direct între ele. Este adevărat că nici în cazul informaţiei structurale, sistemele nu iau în considerare toată substanţa, toată molecula, ci doar anumite porţiuni, anumite suprafeţe complementare, aşa cum am văzut la enzime şi la

antigene. Dar şi această limitare la anumite porţiuni, care joacă rolul de semnal poate duce la apariţia unor erori. De aceea mecanismele de apărare imunitară care apelează la informaţia structurală au foarte multe imperfecţiuni (147). Exceptând faptul că mecanismele de apărare imunitară trebuie să vină în contact direct cu agresonil, contact pe care un sistem cibernetic specializat în prelucrarea informaţiilor nu ar trebui să şi-l permită, ele nu recunosc agresorul decât după anumite grupări determinante. Acest lucru reprezintă o mare imperfecţiune, deoarece este suficientă o modificare a grupării determinante pentru ca mecanismele de apărare imunitară să nu mai recunoască agresorul respectiv, sau dimpotrivă să ia drept străine nişte molecule proprii care au suferit o modificare a grupării determinante.

Pe de altă parte, mecanismele care lucrează cu informaţie structurală au o inerţie foarte mare, impusă de încetineala cu care se desfăşoară reacţiile biochimice. De aceea anticorpii se produc

la câteva săptămâni de la contactul cu antigenul.

Multe din mecanismele care se autoreglează prin intermediul informaţiei structurale nu mai dispun de mecanisme de *feed-back* supraetajate, care să controleze rezultatele obţinute. Funcţionarea acestor mecanisme este reglată prin programare, dar nu şi prin urmărirea elementului reglat, ceea ce într-un mediu foarte variabil reprezintă o mare necesitate. Programul genetic înscris în structura acizilor nucleici nu suferă influenţe reglatoare din partea factorilor de mediu. El poate produce un anumit număr de proteine şi de enzime. Mecanismele de reglare genetică nu pot influenţa însă decât momentul şi cantitatea în care proteinele respective vor fi produse (90). Ele nu pot determina producerea altor proteine, care ar fi mai adecvate în condiţiile respective. Acest lucru nu se face decât accidental, prin intermediul unor mutaţii întâmplătoare, care apoi sunt distruse sau, dimpotrivă, selecţionate, în funcţie de avantajele pe care le oferă sistemului respectiv.

Nici activitatea mecanismelor de apărare imunitară nu este reglată de un mecanism de *feed-back* supraetajat care să lucreze în funcţie de rezultatele obţinute. De aceea apar o serie întreagă de boli autoimune, în care organismul luptă împotriva propriilor sale structuri, şi sunt respinse cu o tenacitate, demnă de nişte scopuri mai bune, grefele extrem de utile.

Pentru a evita numeroasele imperfecţiuni ale mecanismelor care lucrează cu informaţie structurală, au apărut mecanismele de reglare endocrină şi mai ales mecanismele de reglare neuropsihică, în care informaţia nu este legată atât de strâns de o anumită structură, putând trece chiar cu o mare uşurinţă de pe o structură pe alta. Aceste mecanisme care lucrează cu informaţie mai purificată pot evita contactul direct cu factorii entropiei împotriva cărora trebuie să acţioneze. De aceea mecanismele neuropsihice s-au perfecţionat foarte mult. Ele au ajuns să sesizeze şi să prelucreze la un nivel superior informaţiile primite. Pentru a se putea sustrage

influenţelor substanţial-energetice, mecanismele de reglare neuropsihică au devenit atât de dependente şi de sensibile la influenţele informaţionale, încât informaţia devine de multe ori dintr-un mijloc de protecţie un factor patogen (145). Multe din bolile psihice şi psihosomatice sunt produse nu de influenţele substanţial-energetice, ci de influenţele informaţionale pe care le suferă organismul uman (159).

Deşi sistemul nervos dispune de o serie întreagă de mijloace de protecţie antiinformaţională, cum ar fi inhibiţia, atenţia, filtrarea, superizarea, clasificarea, oboseala şi somnul, el poate fi totuşi, de multe ori, inundat cu informaţii. Mijloacele de protecţie antiinformaţională caută să prevină o astfel de inundaţie. Inhibiţia prin creşterea pragurilor, atenţia prin selecţionarea surselor de informaţie, filtrarea prin transmiterea doar a anumitor semnale, superizarea prin condensarea semnalelor, oboseala prin întreruperea activităţilor care au determinat solicitarea

informaţională, şi somnul, prin reducerea la minimum a legăturilor informaţionale cu mediul, reuşesc să prevină de obicei o supraîncărcare a organismului cu informaţii. Există însă un echilibru foarte fragil între aceste mecanisme, care caută să prevină o eventuală supraîncărcare a organismului cu informaţii, şi tendinţa lui de a desfăşura un joc cu informaţie completă cu mediul în care se află. De aceea pe de o parte organismul se apără de o supraîncărcare cu informaţii, iar pe de altă parte caută să recepţioneze cât mai multe informaţii. Această contradicţie duce de multe ori la o inundaţie a organismului cu informaţii. În această situaţie, informaţiile în loc să ducă la decizii din ce în ce mai adecvate, duc, prin sufocarea centrilor de comandă, la decizii din ce în ce mai puţin adecvate. De aceea odată cu creşterea cantităţii de informaţie creşte şi numărul de erori (121). Iar aceste erori pot privi însă nu numai comportamentul sistemului, ci şi reglarea organelor sale interne, putând duce astfel la o serie întreagă de boli.

Pe de altă parte, deşi mecanismele de reglare ale organismului sunt integrate într-un sistem unitar şi se influenţează şi se coordonează reciproc, coordonarea dintre ele este departe de a fi perfectă. S-ar putea arăta, spre exemplu, că decizia care rezultă în urma prelucrării informaţiilor primite este trimisă atât organelor de execuţie, adică anumiţi muşchi sau glande, cât şi organelor de reglare metabolică pentru a elibera energia necesară îndeplinirii deciziilor respective şi aparatului cardiovascular pentru a transporta substanţele energetice eliberate spre muşchii sau glandele respective. Între mecanismele care reglează aceste trei subsisteme nu există însă o reglare eficientă. Aceasta face ca organele de reglare a metabolismului să elibereze substanţele energetice, iar aparatul cardiovascular să-şi mobilizeze şi el resursele necesare pentru a le transporta chiar şi atunci când organele de execuţie nu ar mai avea nevoie ţie ele. Între mecanismele de reglare ale celor trei subsisteme nu există deci coordonare perfectă.

Atunci când omul îndeplinea deciziile pe care le lua cu propriile sale organe, atunci când nu se punea decât cel mult problema lipsei de substanţe energetice şi mult mai rar problema excesului lor, această imperfecţiune era mai puţin evidentă. În condiţiile mecanizării şi automatizării, când omul nu mai îndeplineşte cu muşchii săi deciziile pe care le ia, imperfecta coordonare dintre cele trei mecanisme de reglare devine foarte evidentă, putând contribui la apariţia multor boli aşa cum ar fi ateroscleroza şi hipertensiunea arterială (136,146).

Desigur, că pentru a putea alege deciziile cele mai adecvate, organismul trebuie să evalueze cât mai bine informaţiile primite, sau mai bine zis descoperite de el în semnalele pe care le primeşte. Iar informaţiile sunt evaluate, după cum am văzut, din mai multe puncte de vedere: al veridicităţii, al utilităţii, al plăcerii, al frumuseţii etc. Dar nici între mecanismele care realizează aceste evaluări nu există o coordonare perfectă. De aceea de multe ori predomină una din valori, cum ar fi

valorile hedonice împotriva valorilor de utilitate. Acest lucru se poate constata în alimentaţia omului, în care de multe ori predomină valorile hedonice împotriva valorilor de utilitate, omul mâncind uneori mai mult din plăcere decât din necesitate.

Nici între adaptarea autoplastică şi adaptarea aloplastică nu există o coordonare perfectă. Neputându-se adapta oricărei situaţii, omul a căutat să adapteze mediul la necesităţile sale, trecând astfel de la adaptarea autoplastică la adaptarea aloplastică. Perfecţionarea procesului de prelucrare a informaţiilor a crescut capacitatea de adaptare aloplastică a omului. Cu cât posibilităţile omului deveneau mai mari, cu atât mediul de viaţă se deosebea mai mult de mediul natural, devenind mai civilizat. Este evident că civilizaţia a avut efecte favorabile asupra sănătăţii omului. Ea l-a scutit de o serie întreagă de factori de agresiune şi de eforturile fizice istovitoare. Totuşi civilizaţia îi pune omului şi anumite probleme. Ar fi suficient să menţionăm influenţele

nefavorabile pe care le au poluarea, sedentarismul, zgomotul sau aglomerarea urbană, pentru a ajunge la concluzia că omul se află de multe ori în situaţia de a trebui să se adapteze la propria lui adaptare. Iar atunci când nu reuşeşte suficient de bine acest lucru pot apărea o serie întreagă de boli „de civilizaţie” (107). Printre ele este inclusă, spre exemplu, ateroscleroza în care intervin cei trei S: supraalimentaţia, suprasolicitarea şi sedentarismul, favorizate de civilizaţie. Chiar dacă ateroscleroza, cu temutele ei consecinţe, accidentele vasculare cerebrale şi infarctul miocardic, se întâlneau şi acum câteva sute de ani, fiind prezente chiar şi la mumiile egiptene, ele sunt totuşi astăzi mult mai frecvente şi apar la vârste din ce în ce mai tinere, constituind o adevărată epidemie modernă.

Deşi este cel mai perfecţionat sistem cibernetic, organismul uman are totuşi anumite imperfecţiuni cibernetice, care constituie un fel de călcâi al lui Achile. Prin intermediul lor acţiunile entrepice se pot infiltra mai uşor în organismul

uman. De aceea pentru a contribui la mai buna adaptare a fiinţei umane la viaţă, modernă, homo ciberneticus trebuie să cunoască aceste imperfecţiuni şi să corecteze sau cel puţin să evite suprasolicitarea lor.

IGIENA INFORMAŢIONALĂ

Deşi sunt extrem de eficace, în lupta cu cel de-al doilea principiu al termodinamicii, mecanismele de reglare ale organismului au anumite limite şi anumite imperfecţiuni. De aceea organismul uman trebuie să respecte anumite norme de igienă. Aceste norme se referă la alimentaţie, la îmbrăcăminte, la mediu fizic, biologic şi social, precum şi la diferitele activităţi, cum ar fi efortul fizic şi intelectual. Ele privesc deci gama extrem de largă a relaţiilor dintre organism şi mediul şi mai ales a schimburilor pe care organismul, în calitatea lui de sistem deschis, trebuie să le facă cu mediul în care trăieşte.

Organismul nu este însă deschis numai substanţelor şi energiei, ci şi informaţiei. În calitatea lui de sistem cibernetic, el are nevoie nu

numai de substanţe şi de energie, ci şi de informaţie. Fără informaţie el nu ar putea desfăşura procesele de reglare prin care să se opună creşterii entropiei. Pentru a realiza acest lucru el are nevoie însă de anumite informaţii. Iar pentru aceasta, el trebuie să-şi regleze intrările prin care se realizează aportul informaţional, sau mai bine zis aportul semnalelor purtătoare de informaţie pe care să le supună apoi unor prelucrări capabile să descopere informaţiile de care are nevoie.

Organismul uman nu suportă însă nici prea multe, dar nici prea puţine informaţii. De aceea pe lângă igiena alimentaţiei, igiena muncii sau igiena comunală, este necesară şi o igienă informaţională (150).

Lipsa de informaţii, în condiţii de izolare spre exemplu, poate determina tulburări foarte grave, care pot merge până la delir şi halucinaţii (26). Dată fiind însă capacitatea limitată a căilor de conducere a informaţiilor (84), organismul uman nu suportă prea bine nici excesul informaţional,

care poate duce şi el la o serie întreagă de tulburări, cum ar fi sindromul de agresiune informaţională, format din oboseală, iritabilitate, anxietate şi insomnie (118). Sindromul de agresiune informaţională este rezultatul suprasolicitării şi al depăşirii mecanismelor de protecţie informaţională. Oboseala este determinată de depăşirea limitelor de conducere şi de prelucrare a informaţiilor. Anxietatea, această teamă fără obiect, este determinată de riscul pe care îl presupune readaptarea mecanismelor de reglare la modificările care au generat informaţiile respective. Iar iritabilitatea şi insomnia sunt determinate de acţiunea paradoxală a organismului de a-şi reduce mijloacele de apărare antiinformaţională după primirea unei cantităţi mari de informaţie. Fenomenele se petrec ca şi când organismul ar avea nevoie de o informaţie suplimentară pentru a se putea adapta la situaţia care a generat informaţia respectivă. Atunci scad pragurile. În organism intră o cantitate suplimentară de informaţii care va

acţiona şi asupra sistemului activator ascendent pentru a creşte starea de vigilenţă până la rezolvarea situaţiei care a generat informaţiile respective (119).

Influenţele solicitărilor informaţionale depind deci atât de cantitatea şi de calitatea informaţiei pe care o generează factorii de mediu, cât şi de mijloacele de protecţie ale organismului. De aceea igiena informaţională va trebui să se ocupe atât de mediu, cât şi de organismul uman. Pe de o parte, ea trebuie să optimizeze aspectul informaţional al mediului, iar pe de altă parte, să intrărească mijloacele de protecţie ale organismului uman (fig. 51).-

Acţiunea asupra mediului poate să necesite atât creşterea. Cât şi scăderea informaţiilor pe care el le generează.

Deşi subsolicitarea informaţională este mult mai rară, ea poate exista totuşi în anumite situaţii, cum ar fi în activităţile foarte monotone, în care pentru a putea menţine vigilenţa organismului este necesară introducerea unor solicitări

informaţionale suplimentare.

Deoarece mediul de viaţă şi de muncă este de obicei o foarte generoasă sursă de informaţie, problema redticerii aportului informaţional este mult mai frecventă. Reducerea aportului informaţional se poate face în primul rând prin instituirea unei anumite ordini în modul de viaţă şi în mediul înconjurător. O viaţă dezordonată într-un mediu dezordonat poate genera o mare cantitate de informaţie care să solicite inutil mecanismele de reglare ale organismului. Un mediu

Fig. 51. Reprezentare schematică a mijloacelor de protecţie antiinformaţională a organismului uman, care fac ca din cei IO11 biţi care ajung în fiecare secundă la nivelul receptorilor periferici, numai IO7 să ajungă în

sistemul nervos şi numai 16 biţi pe secundă până la nivelul conştiinţei. Orice tulburare a acestor mecanisme poate duce la o supraîncărcare informaţională a organismului şi la apariţia unor manifestări clinice.

Perturbant care exclude posibilitatea de previziune poate duce, după cum arată G. Klaus (57), la o suprasolicitare informaţională.

Apoi maşina informaţională, care este omul, nu poate prelucra în niciun caz, după cum susţine W. R. Ashby (6), marea cantitate de informaţie pe care i-o oferă mediul, fără o prealabilă selecţionare. De aceea unii autori susţin chiar că adevărata performanţă a unui prelucrător de informaţie nu trebuie căutata în cantitatea de informaţie pe care o prelucrează, cât în capacitatea lui de selecţionare (57,59).

Şt. Milcu (82) arată că sub presiunea formidabilă de informaţii didactice şi profesionale, tinerii trebuie să-şi însuşească tehnica învăţării, care să le permită asimilarea cunoştinţelor necesare cu maximum de eficienţă şi de

randament. Ei trebuie să deprindă tehnica găsirii, trierii şi asimilării informaţiilor cu care să-şi perfecţioneze propria lor personalitate.

Instituind o anumită ordine, clasificând şi catalogând obiectele şi fenomenele, omul reduce câmpul de probabilitate de care depinde mărimea informaţiei, de la numărul mare al evenimentelor primare la numărul mult mai mic al claselor din care fac parte.

Desigur însă că oricât de mult s-ar preveni apariţia oboselii, până la urmă ea tot apare, ceea ce impune reducerea aportului informaţional, care se poate realiza cu ajutorul odihnei şi al somnului. Odihna poate fi activă sau pasivă. Odihna activă presupune schimbarea unei forme de activitate cu alta, şi mai ales schimbarea unei activităţi intelectuale cu o activitate fizică. Odată cu schimbarea activităţii se realizează şi o comutare a proceselor informaţionale. Se ştie că încetarea activităţii intelectuale nu duce în mod obligatoriu şi la încetarea prelucrării informaţiilor respective. Omul care a desfăşurat o activitate intelectuală

continuă să se gândească, să mediteze, să prelucreze, ca în virtutea unei inerţii şi după întreruperea activităţii, informaţiile respective. De aceea repausul după o activitate intelectuală nu înseamnă şi odihnă efectivă. Dar schimbând o activitate cu o altă activitate, omul devine obligat să prelucreze alte informaţii. Astfel se realizează dacă nu o reducere a aportului informaţional, cel puţin o solicitare a altor zone din creier care au fost anterior mai puţin solicitate.

Odihna pasivă se realizează prin repaus şi culminează în timpul somnului, care reduce la minimum legăturile informaţionale ale organismului cu mediul, contribuind la rearanjarea informaţiilor acumulate în timpul stării de veghe. Intensitatea activităţii din timpul somnului este demonstrată de faptul că metabolismul nu scade cu mai mult de 10%. Trebuie remarcat că visul are şi el o importanţă deosebită pentru echilibrul neuropsihic al omului.

S-au elaborat însă şi o serie întreagă de metode de relaxare şi de autorelaxare, cum ar fi

relaxarea autogenă a lui Schultz, relaxarea autodirecţionată a lui Fink, şi sofroterapia (191). Apelând la autosugestie prin intermediul unui vocabular specific (picioarele sunt grele, mâinile sunt grele etc.), metoda de relaxare autogenă reuşeşte să reducă încordarea neuromusculară, reducând astfel şi aportul de informaţii pe care sistemul nervos le primeşte de la sistemul muscular când acesta este contractat. Căutând să reducă sfera conştiinţei la schema corporală, sofroterapia reuşeşte să reducă nu numai aportul de informaţii care vin dinăuntru, ci şi aportul de informaţii care vin din afară. Restrângând sfera conştiinţei, sofroterapia dezafectează formaţiunea reticulată care, prin intermediul neuronilor gama, ţine sistemul muscular într-o stare de contractare şi de crispare exagerată. Prin aceasta ea reuşeşte să scadă consumul de oxigen cu 16%, pulsul cu 20 de bătăi pe minut şi tensiunea arterială cu 20% (191).

Odihna, sub diferitele ei forme, caută să evite o suprasolicitare a mecanismelor de reglare şi mai

ales a mecanismului de *feed-before* Or, acest lucru este foarte important dacă avem în vedere că deşi a dobândit o mare libertate de acţiune, mecanismul de *feed-before* nu s-a putut sustrage complet de sub influenţa solicitărilor informaţionale. El a devenit atât de sensibil, sau mai bine zis atât de vulnerabil, la solicitările informaţionale, încât e se suficientă o suprasolicitare informaţională pentru ca să nu mai poată funcţiona normal, chiar şi în absenţa unor leziuni structurale, aşa cum se întâmplă în hipertensiunea arterială, spre exemplu (142).

Problema solicitărilor şi a igienei informaţionale se complică însă foarte mult, deoarece organismul nu primeşte din afară, în mod direct, informaţiile de care are nevoie şi care uneori l-ar putea îmbolnăvi. El nu primeşte din afară decât nişte semnale în care trebuie să descopere informaţiile de care are nevoie. Informaţiile pe care le descoperă sistemul nervos nu sunt însă identice cu cele emise de sursă. De multe ori se întâmplă ca informaţiile pe care le

descoperă sistemul nervos să fie mai mici sau mai mari decât cele emise de sursă. Aceasta depinde de probabilităţile sale subiective. Dacă semnalele nu sunt deloc prevăzute, atunci ele aduc o informaţie maximă. Dacă ele pot fi dinainte prevăzute, atunci ele nu mai aduc nicio informaţie devenind redundante. Deşi nu aduc nicio informaţie semnalele redundante sunt şi ele absolut necesare, deoarece mesajele care nu conţin redundanţă nu pot fi interpretate de către sistemul nervos.

Dar deşi redundanţa este absolut necesară, excesul de semnale redundante nu este nici el prea bine tolerat de către organismul uman. De aceea suprasolicitarea cu semnalele redundante duce şi ea la apariţia oboselii, care va fi însă întovărăşită nu de anxietate, aşa cum se întâmplă în cazul sindromului de agresiune informaţională, ci de plictiseală şi depresie psihică, simptome pe care noi le-am grupat în cadrul sindromului redundanţei în exces (166). Adică suprasolicitarea, sau mai bine zis descoperirea unei cantităţi prea

mari de informaţie, duce la oboseală cu anxietate, iar suprasolicitarea cu semnale redundante duce la oboseală cu depresie psihică.

Deoarece organismul nu suferă o solicitare pasivă, sindromul redundanţei nu este determinat numai de monotonia semnalelor, ci şi de faptul că ele nu mai înlătură nicio incertidudine. Sindromul de agresiune informaţională apare deci atunci când entropia subiectivă este foarte diferită de entropia obiectivă, iar sindromul redundanţei în exces apare atunci când entropia subiectivă se apropie până la confundare cu entropia obiectivă.

Realitatea înconjurătoare este însă atât de complexă şi de variabilă, încât cele două entropii nu se pot niciodată confunda între ele. Iar atunci când organismul nu mai primeşte nicio noutate, acest lucru se datoreşte mai ales imposibilităţii sale de a descoperi noutatea respectivă. Pentru a-şi putea păstra un echilibru neuropsihic, organismul reuşeşte de obicei să descopere o anumită informaţie chiar şi în semnalele aparent redundante şi, dimpotrivă, să reducă informaţia pe

care o aduc semnalele foarte noi şi necunoscute. În felul acesta el reuşeşte să-şi asigure o homeostazie informaţională, o solicitarea optimă, între informaţia anxiogenă şi redundanţa prea sedativă, prin ceea ce E. Pamfil

(106) a denumit eundanţă. Eundanţa reprezintă raportul optim dintre informaţie şi redundanţă. Ea este necesară pentru a realiza o activare optimă a sistemului nervos. De multe ori însă mecanismele de reglare a aportului informaţional, sau mai bine zis mecanismele de descoperire a informaţiilor, nu reuşesc să asigure eundanţa necesară, ducând fie la supraîncărcarea cu informaţie, fie la supraîncărcarea cu redundanţă. În ambele cazuri, pe lângă oboseala cu anxietate sau oboseala cu depresie psihică, mai pot apărea şi o serie întreagă de simptome somatice, cum ar fi creşterea tensiunii arteriale, dureri precordiale, creşterea lipemiei şi a colesterolemiei, şi respectiv dispnee, tulburări de circulaţie periferică, vertij şi cefalee.

Tulburările pe care le poate produce

solicitarea informaţională nu depind deci numai de acţiunile exterioare, ci şi de mijloacele de protecţie ale organismului, care merg de la proprietăţile fizico-chimice, cum ar fi pragurile de excitabilitate, până la structura logică a sistemului nervos, de care depinde procesul de descoperire şi de interpretare a informaţiilor. Lumea înconjurătoare este reprezentată în această structură logică, ea este codificată în circuitele logice ale sistemului nervos (148). Circuitele logice sunt organizate în modele interne suficient de nuanţate pentru a putea recunoaşte lumea aceasta minunată în diferitele ei ipostaze. Aceste modele se obţin însă tot sub influenţa semnalelor primite din afară. De aceea este necesară o igienă informaţională şi pentru formarea modelelor interne în timpul copilăriei şi apoi pentru restructurarea lor în funcţie de modificările mediului înconjurător. Modele interne, cuprinse în structura logică a sistemului nervos, reprezintă ace referenţial de care vorbeşte F. Gonseth (44), şi care în cazul omului de ştiinţă poate fi numit

teorie sau ipoteză. Aceasta face ca cercetătorii formaţi la diferite şcoli să interpreteze diferit aceeaşi realitate. De multe ori ei nu pot superiza şi interpreta altfel semnalele primite. Şi tocmai în posibilitatea de a-şi restructura mereu modelele interne se află capacitatea omului de ştiinţă de a ţine pasul cu progresul ştiinţific, precum şi capacitatea fiecărui om de a trăi la nivelul coordonatelor epocii sale. Deşi s-ar putea să pară paradoxal, un om care rămâne în urmă este mai solicitat din punct de vedere informaţional, deoarece între entropia subiectivă şi entropia obiectivă apare o diferenţă mult mai mare.

De aceea solicitarea informaţională depinde şi de cultura individului, ceea ce face să se vorbească şi de o psihosomatică transculturală (194). Aceleaşi semnale pot aduce o informaţie mai mică unui om cult, cu mai multă experienţă, care poate să prevadă mai bine evoluţia fenomenelor. În acelaşi timp însă, ele îi pot aduce o informaţie mai mare decât unui om mai puţin cult, deoarece cunoscând interdependenţa

fenomenelor, pentru el semnalele apar dintr-un câmp mult mai mare de evenimente. Omul de cultură a recurs însă întotdeauna la clasificarea fenomenelor, pentru a reduce astfel cantitatea de informaţie care ar putea depăşi capacităţile sale de prelucrare.

Ingiena informaţională nu priveşte însă numai solicitarea cu informaţii. Structura logică care descoperă şi care prelucrează informaţiile descoperite are o anumită compoziţie substanţială. Pentru a putea funcţiona normal, structura informaţională a organismului are nevoie de anumite substanţe plastice şi energetice. De aceea aportul substanţial-energetic va avea şi el o influenţă deosebită asupra dezvoltării şi funcţionării sistemului nervos.

Între structura substanţială şi solicitarea informaţională se stabileşte apoi o legătură reciprocă. Tulburările biochimice se pot răsfrânge asupra structurii logice a sistemului nervos influenţând astfel prelucrarea informaţiilor, aşa cum se întâmplă, spre exemplu, în depresiile

endogene în care scăderea catecolaminelor îngreuiază descoperirea noutăţii, a frumuseţii şi a plăcerii tonice şi reconfortante pe care ar trebui să o aducă semnalele primite. Dar şi informaţiile primite, sau mai bine zis descoperite, pot influenţa structura substanţială a sistemului nervos, aşa cum se întâmplă în depresiile psihice exogene, în care tocmai informaţiile sunt cele care duc la scăderea catecolaminelor (166). Influenţe asemănătoare asupra structurii substanţiale a sistemului nervos, care se răsfrâng apoi asupra procesului de prelucrare a informaţiilor, se produc în toate psihogeniile, adică în toate bolile psihice produse de traume sau de conflicte psihice, care acţionează tocmai prin informaţia pe care o aduc (119,143,159).

Igiena informaţională, care are un rol deosebit în adaptarea omului la viaţa modernă, trebuie să rezolve probleme extrem de complicate, deoarece se adresează unui sistem extrem de complex, care tocmai prin prelucrarea superioară a informaţiilor a reuşit să se sustragă influenţelor

entropice de natură substanţial-energetică, devenind astfel extrem de dependent şi chiar vulnerabil la influenţele ele natură informaţională (159). Pentru a se sustrage, cel puţin într-o oarecare măsură, şi de sub influenţele informaţionale, organismul uman şi-a perfecţionat mijloacele de protecţie informaţională, care au atins punctul culminant prin superizarea tot mai înaltă şi prin evaluarea tot mai nuanţată a informaţiilor primite. Cu toate acestea, o igienă informaţională, care să prevină suprasolicitările şi să întărească mijloacele de prelucrare a informaţiilor, este absolut necesară.

MECANISMELE CIBERNETICE DE PERFECŢIONARE A FIINŢEI UMANE

Organismul uman porneşte de la nişte mijloace antientropice relativ simple reprezentate de informaţia genetică, cuprinsă în cele 8 x 10” 12 grame de ADN (32), de echipamentul enzimatic necesar replicaţiei, transcripţiei şi translaţiei şi de nişte mecanisme de *feed-back* molecular, capabile de a menţine stabilitatea sistemelor enzimatice.

Pornind de la aceste mijloace antientropice relativ simple, organismul uman reuşeşte să-şi construiască treptat mecanisme de reglare din ce în ce mai perfecţionate. De aceea pe lângă genetica care priveşte modul de transmitere a caracterelor şi a proprietăţilor viitorului organism, mai există şi o genetică cibernetică care priveşte modul în care apar şi se dezvoltă mecanismele de reglare capabile să se opună sau să se sustragă celui de-al doilea principiu al termodinamicii (161).

Informaţia genetică, pe care o primeşte viitorul organism, direcţionează desfăşurarea proceselor biologice într-un anumit sens din mulţimea sensurilor posibile. Alegerea acestui sens este însă facilitată de informaţia structurală, care face posibilă recuroaşterea moleculelor, şi apoi de forţele slabe, care fac posibilă legarea moleculelor respective între ele. După ce au fost direcţionate de informaţia genetică şi facilitate de informaţia structurală şi de forţele slabe, procesele biologice sunt accelerate cu ajutorul

activităţii enzimatice, care tinde să imprime proceselor biologice o viteză mai mare decât viteza cu care s-ar putea desfăşura acţiunea antientropică a celui de-al doilea principiu al termodinamicii. Apoi pentru a nu se sintetiza mai multe substanţe decât ar fi necesar, activitatea enzimatică este controlată prin intermediul unor mecanisme de *feed-back* molecular.

Cu ajutorul acestor mecanisme, celula reuşeşte să sintetizeze peste 1400 de molecule de proteine, adică de molecule cu entropie mică, pe secundă (62), ajungând foarte repede la o redundanţă structurală care determină diviziunea celulară şi deci apariţia unei redundanţe celulare. Redundanţa celulară creşte posibilităţile de luptă cu cel de-al doilea principiu al termodinamicii, în primul rând pentru că sistemul va putea pierde unele celule fără a-şi periclita existenţa, iar în al doilea rând, pentru că sistemul dobândeşte astfel posibilitatea organizării supracelulare. Pe lângă mecanismele de *feed-back* intra celular apar şi nişte mecanisme de feed-back intercelular.

Acestea au mai întâi forma unor influenţe reciproce, iar apoi, când celulele încep să se diferenţieze, forma unor mecanisme de *feed-back* cu centri de comandă, cu traductori şi cu organe de execuţie foarte perfecţionate. Apoi aceste mecanisme de *feed-back* se suprapun şi se întrepătrund dând naştere la nişte mecanisme integrate şi la o extrem de complicată reţea de comunicaţie de-a lungul căreia circulă o mare cantitate de informaţie.

Pentru a putea dobândi însă o independenţă şi mai mare faţă de mediul înconjurător, sistemele biologice mai evoluate au reuşit să-şi construiască treptat, pe lângă mecanismele de *feed-back*, care funcţionează prin corectarea erorilor, şi un mecanism de *feed-before*, care funcţionează prin prevenirea erorilor. Prin intermediul acestui mecanism de prevenire a erorilor, sistemele biologice reuşesc să-şi păstreze identitatea şi într-un mediu în care se produc evenimente ale căror consecinţe nu ar mai putea fi corectate (155). Deoarece prevenirea erorilor este mai dificilă

decât corectarea lor, mecanismul de *feed-before* trebuie să supună informaţiile primite unor prelucrări foarte complicate. Dificultatea constă însă în faptul că el nu primeşte în mod direct informaţiile de care are nevoie. De aceea el trebuie să supună mai întâi semnalele primite unor prelucrări foarte complicate pentru a putea descoperi informaţiile respective. Tocmai pentru a realiza acest lucru el desfăşoară procesul de superizare, prin intermediul căruia reuşeşte să treacă de la prelucrarea semnalelor la prelucrarea informaţiilor (162) şi de la logica bivalentă la logica probabilistă, polivalentă (148). În felul acesta sistemul dobândeşte pe lângă capacităţile sale antientropice, de corectare a erorilor, şi o mare capacitate antialeatoare, de prevenire a întâmplărilor care ar putea produce anumite erori.

Desigur că foarte multe sisteme biologice dispun de mecanisme de *feed-before*. Dar niciunul dintre ele nu dispune de un mecanism de *feed-before* atât de perfecţionat ca al organismului uman. Eficacitatea mecanismului de *feedbefore*

depinde de capacitatea de superizare, adică de descoperire. A informaţiilor, de capacitatea de evaluare şi de prelucrare a informaţiilor descoperite, cu ajutorul modelului relaţiilor şi al relaţiilor dintre relaţii, precum şi de capacitatea de alegere a deciziilor celor mai adecvate. Niciun animal nu realizează însă o superizare atât de înaltă ca organismul uman. Niciun animal nu dispune de un model al relaţiilor atât de perfecţionat, nu poate evalua informaţiile atât de bine şi nu poate alege deciziile atât de adecvat cum face organismul uman.

Organismul uman realizează superizarea cea mai înaltă. El ajunge la concepte şi idei extrem de înalte şi de cuprinzătoare. El dispune de un model al relaţiilor care ajunge până la nivelul modelelor logico-matematice, capabile să surprindă şi cauzalitatea mai ascunsă a fenomenelor şi să anticipeze şi fenomenele întâmplătoare. El realizează o evaluare extrem de nuanţată a informaţiilor şi poate alege deciziile în funcţie de nişte scopuri mult mai înalte, pe care şi le

propune, de cele mai multe ori, singur. Procesele informaţionale pe care le desfăşoară organismul uman sunt impregnate apoi de o mare responsabilitate care antrenează de multe ori intervenţia conştiinţei, indisolubil legată de modelul relaţiilor dintre diferitele obiecte şi fenomene, în cadrul cărora organismul ocupă şi el un anumit loc, şi prin intermediul căreia el se raportează şi acţionează asupra mediului înconjurător.

Prin intermediul acestor procese informaţionale, organismul a câştigat nu numai o mare libertate de acţiune, ci şi posibilitatea de a o folosi în modul cel mai adecvat. Aceste mijloace nu ating însă niciodată un nivel care să nu mai poate fi depăşit. Ele pot fi mereu perfecţionate. Şi tocmai în continua perfecţionare a lor stau marile posibilităţi de perfecţionare a fiinţei umane.

Omul se află într-o continuă legătură cu mediul în care trăieşte, de la care primeşte în permanenţă o mare cantitate de informaţii, prin intermediul căreia structura lui nervoasă se

modelează şi se remodelează în cadrul unui interminabil proces de învăţare. Spre deosebire de celelalte sisteme biologice, organismul uman caută să reducă, cu ajutorul mecanismelor sale de reglare, nu numai entropia dinăuntrul său, ci şi entropia din mediul înconjurător. El depune o muncă susţinută de construire a unui mediu mai bun, mai frumos şi mai adecvat. În procesul muncii şi al creaţiei, el îşi perfecţionează apoi neîncetat structurile sale informaţionale. De aceea perfecţionarea fiinţei umane se realizează de fapt în procesul muncii şi al creaţiei. Ea are însă un caracter cibernetic, deoarece se realizează prin intermediul unor mecanisme informaţionale, cu ajutorul cărora omul a reuşit să devină homo ciberneticus, adică om conducător, atât al fenomenelor înconjurătoare, cât şi al propriilor sale destine. Marile progrese pe care le-a înregistrat omul se datoresc, în cele din urmă, perfecţionării procesului de prelucrare a informaţiilor. Prin perfecţionarea procesului de prelucrare a informaţiilor, omul a reuşit să

depăşească frontiera biologiei animale şi tot prin perfecţionarea procesului de perfecţionare a informaţiilor, omul va reuşi să depăşească mereu propriile sale limite.

SUMMARY

The book “Homo Cyberneticus” tackles the means by which man managed to become both the leader of surounding phenomena and the leader cf his own destiny. The author starts describing the different systems and the human organism as an open system, not only to substance and energy, but also to necessary information for the control mechanism by means cf which it manages to dominate the second thermodynamic principle that aims at entropy increase. But in order to reach that performance, the organism need certain very improved control mechanisms to process the received information according to the most adequated way. Therefore, alongside the feed-back mecanism, operating by the errors correction, the human organism dispose of a feed-before mechanism too. It operates by the errors prevention, which assures it the possibility to exist within an environment where certain events, whose consequences could not be corrected by the feed-back mechanism, are produced.

In the subsequent chapteres, the author insists on control and on information without which no control process can occur. By means of information, processed by some very improved control mechanisms, the organism manages to elude itself from entropic influences of energetics and substantial modifications. Thus, it manages to gain a great independence against the medium it lives. But it depends, as all the other cybernetic systems, on informational influences. Therefore cybernetic systems become in fact some points of an informational field. But in contrast with the points of the other fields, as the electromagnetic field where the state of some points is precisely determinated by the other points state, the state of the cybernetic systems is not determinated only by the external received information. So, it appears an informational causality where the effect does not depend only on producing cause but

also on control mechanism on operating program of the system it acts on.

But the control mechanisms don’t appear spontaneously. For their appearance it is necessary a genetic information alongside substance and energy received by the system from the environment. This genetic inf ormat ion is that which indicates the way the substance and energy must be used in order to reach a certain order and organization.

Within the neuropsychical control process, the author insists on the fact that, although it needs information, the brain does not receive directly the information it needs. It receives only singnals, which although are information carrier can not be confused with information themselves, because similar signals can bring different information and different signals can bring similar information. Therefore, the brain will have to descover alone within the received signals, the information it needs. That is performed by means of superisation process that is the process of transsition from a series of low degree signals to a high degree signal as it is the transmission from a lot of letters to a word, and so on. But to descover information and then to process them in order to adopt the proper decisions, the system needs a certain logic structure.

Even if this structure is determined by genetic information it can not operate without a program. Except some elementary reflexes that program is not hereditary transmitted. It must be gain within relation between the organism and the environment. It is gained by means culture and education, which represents alongside the genetic channel, the second channel for transmission of information necessary to the human organism develcpement. Therefore the author describes the cultural channel, informational outbreak which lead to an impetuous developement of cultural channel and redundancy necessary for interpretation of information offered by this informational channel.

Increase bf information quantity which man must processes many times during a very short while imposed

electronic computer apparitions and improuvement. By means of electronic computer, which helps man in his complicated informational-decisional processes, he obtained certain inteligent robots.

Disposing of control mechanism which can assure a great independence against the environment he lives, man become the most perfect cybernetic system. But neither he is perfect. He also has certain cyl.crnetical imperfections which lead, sooner or later, in his sickening, growing old, and in his death. Therefore a hygiene avoding those cybernetical imperfections becomes absolutely necessary. This aim, first, at informational contribution because by information processing improuvement, man become not only dependent but also very susceptible and sometimes even vulnerable to information influences, because the transmission and processing ways of information have a limited capacity. Therefore the information over-solicitation can yield certain sikening, such as informatic nal agression syndrom, described by the author in 1969, syndrom consisting in tiredness, anxiety, instability and insomnia. Because it does not receive dirrectely information wmcn can sometimes sicken it, informational agression syndrom is not only the result of objective solicitations, but also the result of antiinformational protection means diminuishing and that of informational descovering. Those means of protection try to reduce the informational load of some signals which bring a too great quantity of information and to increase it when they bring a too little quantity of information, in order to achieve an optimal solicitation of the nervous system. If they don't manage, then even in the case of a normal solicitation, it will appear either informational agression syndrom, or excessive redundancy syndrom, described by the author in 1979. That syndrom consists in tiredness, psychical depression, vigilence diminuishing and apathy or somnolence. Therefore, informational hygiene arise very complicated questions.

Finaly, the author shows that starting from same elementary antientrcpic means, as genetic information,

structural information, of the enzymca and seme molecular feed-back mechanism, the human organism manages to build, step-by-step, more and more perfectionated control mechanisms. And by superior processing information, man manages to come out frcm the domination of the second principle of thermodynamic, and to overstep the animal biology frontier, becoming in this way the leader of his own destiny.

CONTENTS

Beyond the appearances
Omniprezence of the systems
Cybernetic systems
Control as antientropic means
Information necessity in control processes
Universality of information
Informational field
Genetical information
Intracellular control
Intercellular control
Endocrine control
Neuropsychical control
Immunitary control
Culture as the second channel for information transmission
Informational outbreak
The necessary redundancy
Human activity as a sequence of informational-decisional processes
Artificial intelligence
Cybernetical imperfection of the organism *
Informational hygiene
Human being perfectionement cybernetical mechanisms
References
Summary